



TUGAS AKHIR - TK145501

PABRIK PUPUK NPK DARI NH_3 , H_3PO_4 , DAN KCI DENGAN METODE *MIXED ACID ROUTE*

Verycha Finish Wiya Tania
NRP. 2314 030 015

Arie Amira Machdalia
NRP. 2314 030 023

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - TK145501

PABRIK PUPUK NPK DARI NH_3 , H_3PO_4 , DAN KCI DENGAN METODE *MIXED ACID ROUTE*

Verycha Finish Wiya Tania
NRP. 2314 030 015

Arie Amira Machdalia
NRP. 2314 030 023

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - TK145501

NPK FERTILIZER PLANT FROM NH_3 , H_3PO_4 , AND KCl WITH MIXED ACID ROUTE METHOD

Verycha Finish Wiya Tania
NRP. 2314 030 015

Arie Amira Machdalia
NRP. 2314 030 023

Lecturer
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.

STUDY PROGRAM OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING INDUSTRY
Faculty of Vocational
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PABRIK PUPUK NPK DARI NH_3 , H_3PO_4 , DAN KCl DENGAN METODE
MIXED ACID ROUTE

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Verycha Finish Wiya Tania
Arie Amira Machdalia

(NRP 2314 030 015)
(NRP 2314 030 023)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.
NIP. 19510729 198603 2 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 28 JULI 2017

LEMBAR REVISI

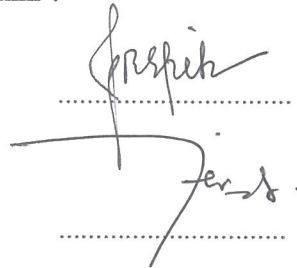
Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir
pada tanggal 10 Juli 2017 untuk tugas akhir dengan judul
“Pabrik Pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl Dengan
Metode *Mixed Acid Route*”, yang disusun oleh :

Verycha Finish Wiya Tania
Arie Amira Machdalia

(NRP 2314 030 015)
(NRP 2314 030 023)

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

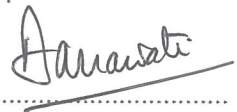
1. Dr.Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.



2. Achmad Ferdiansyah PP., S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd.



SURABAYA, 28 JULI 2017

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **Pabrik Pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan Metode *Mixed Acid Route*.**

Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip-prinsip perhitungan dari peralatan-peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, Ibu, adik, serta keluarga yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS. selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si., MT. Selaku Koordinator Tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Ibu Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng. dan Bapak Achmad Ferdiansyah PP., S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, Msc. selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Segenap Dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2014 Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, 28 Juli 2017

Penyusun

PABRIK PUPUK NPK DARI NH_3 , H_3PO_4 , DAN KCl , DENGAN METODE *MIXED ACID ROUTE*

Nama Mahasiswa : Verycha Finish WT (2314 030 015)
: Arie Amira M (2313 030 023)
Jurusan : DIII Teknik Kimia Industri ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd.

ABSTRAK

NPK merupakan pupuk majemuk yang terdiri dari beberapa unsur yang dibutuhkan oleh tanaman diantaranya yaitu nitrogen, fosfor dan kalium. Proses produksi dilakukan dengan menggunakan metode mixed acid route. Pabrik dengan kapasitas produksi sebesar 500000 kg/hari akan didirikan di Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur pada tahun 2020 dengan pertimbangan kemudahan akses bahan baku dan distribusi produk. Proses pembuatan pupuk NPK yaitu pencampuran bahan baku padat (Urea, ZA, dan KCl) dengan bahan baku cair (amoniak, asam fosfat dan asam sulfat) di dalam granulator sehingga membentuk butiran granul. Tahap pengeringan di dalam rotary dryer digunakan untuk mengurangi kandungan air yang terdapat dalam pupuk hingga mencapai 1,5%. Produk onsize didapatkan melalui pemisahan dengan menggunakan screen. Tahap pendinginan dilakukan dengan menggunakan udara dingin di dalam rotary cooler. Tahap pelapisan dengan menggunakan coating oil dan coating powder dilakukan untuk menghindari terjadinya caking. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 300 hari/tahun dengan basis waktu 24 jam/hari. Bahan baku yang dibutuhkan adalah NH_3 sebesar 68.784,11 kg NH_3 /hari, H_3PO_4 sebesar 251.832,50 kg H_3PO_4 /hari, KCl sebesar 13.1341,21 kg KCl /hari, H_2SO_4 sebesar 72.807,86 kg H_2SO_4 /hari, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ sebesar 29.855,34 kg $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ /hari, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebesar 65.135,57 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /hari. Kebutuhan utilitasnya adalah air sanitasi, air pendingin, air proses dan air boiler dengan jumlah sebesar 375,97 m³/hari

Kata kunci : pupuk NPK, mixed acid route

NPK FERTILIZER PLANT FROM NH_3 , H_3PO_4 , AND KCl , WITH MIXED ACID ROUTE METHOD

Name : 1. Verycha Finish WT (2314 030 015)
2. Arie Amira M (2313 030 023)
Department : DIII Teknik Kimia Industri ITS
Lecturer : Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd.

ABSTRACT

NPK is a compound fertilizer that consist of several elements needed by plants such as nitrogen, phosphorus and potassium. The production process is using mixed acid route method. A plant with a production capacity of 500000 kg / day will be established in Paciran, Lamongan District, East Java by 2020 with consideration of easy to access raw materials and product distribution. The process of making NPK fertilizer is mixing of solid raw materials (Urea, ZA, and KCl) with liquid raw material (ammonia, phosphoric acid and sulfuric acid) in granulator to form granule. The drying stage in the rotary dryer is used to reduce the water content contained in the fertilizer up to 1.5%. The onsize product is obtained through the separation by using the screen. The cooling phase is carried out by using cold air inside the rotary cooler. Coating stage using coating oil and coating powder are used to avoid the occurrence of caking. This plant is operation on continuously for 300 days / year on a 24 hour / day. The required raw material is NH_3 68.784,11 kg NH_3 / day, H_3PO_4 251.832,50 kg H_3PO_4 / day, KCl 13.1341,21 kg KCl / day, H_2SO_4 72,807,86 kg H_2SO_4 / day, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 29,855.34 kg $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ / day, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 65,135,57 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ / day. The Utility needs are sanitation water, cooling water, process water and boiler water in the amount of 375,97 m^3 /day .

Keywords: *NPK fertilizer, mixed acid route*

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| LEMBAR REVISI | |
| KATA PENGANTAR | i |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR GRAFIK | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| I.1 Latar Belakang | I-1 |
| I.2 Dasar Teori | I-12 |
| I.3 Kegunaan | I-13 |
| I.4 Sifat Fisika dan Kimia | I-14 |
| BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES | |
| II.1 Macam Proses | II-1 |
| II.2 Seleksi Proses | II-4 |
| II.3 Uraian Proses Terpilih | II-6 |
| BAB III NERACA MASSA | III-1 |
| BAB IV NERACA PANAS | IV-1 |
| BAB V SPESIFIKASI ALAT | V-1 |
| BAB VI UTILITAS | VI-1 |
| VI.1 Air | VII-1 |
| VI.2 Unit Penyedia Steam | VII-5 |
| VI.3 Unit Penyedia Bahan Bakar | VII-7 |
| VI.4 Unit Penyedia Listrik | VII-7 |
| VI.5 Perhitungan Kebutuhan Air | VII-7 |
| BAB VII KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA | |
| VII.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja | VII-1 |
| VII.2 Potensi Bahaya Lingkungan Kerja | VII-3 |
| VII.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Pabrik Pupuk NPK | VII-6 |

| | |
|---|--------|
| VII.4 Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja..... | VII-8 |
| VII.5 Hal-hal yang Diperhatikan Tentang Kecelakaan Kerja..... | VII-10 |
| VII.6 Sistem yang Digunakan di Pabrik Pupuk NPK | VII-12 |
| VII.7 Keselamatan di Area Pabrik Pupuk NPK..... | VII-13 |

BAB VIII INSTRUMENTASI

| | |
|---|--------|
| VIII.1 Instrumen Secara Umum dalam Industri | VIII-1 |
|---|--------|

BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA.... IX-1

BAB X KESIMPULAN..... X-1

DAFTAR NOTASI xi

DAFTAR PUSTAKAxiii

LAMPIRAN:

1. Apendiks A – Neraca Massa
2. Apendiks B – Neraca Energi
3. Apendiks C – Spesifikasi Alat
4. *Flowsheet*

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|------|
| Gambar I.1 | Representasi Daerah Paciran, Lamongan Jawa Timur | I-12 |
| Gambar II.1 | Proses Pembuatan Pupuk NPK menggunakan Metode <i>Nitrophosphate Route</i> | II-2 |
| Gambar II.2 | Proses Pembuatan Pupuk NPK menggunakan Metode <i>Mixed Acid Route</i> | II-4 |

DAFTAR GRAFIK

| | | |
|------------|--|-----|
| Grafik I.1 | Data Produksi dan Konsumsi Pupuk NPK Dari Tahun 2010-2015 | I-9 |
| Grafik I.2 | Data Ekspor dan Impor Pupuk NPK Dari Tahun 2010-2015..... | I-9 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|--|-------|
| Tabel I.1 | Data Hasil Produksi Ammonia Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016..... | I-4 |
| Tabel I.2 | Data Hasil Impor Ammonium Sulfat Dari Berbagai Negara Tahun 2014..... | I-5 |
| Tabel I.3 | Data Hasil Produksi Asam Fosfat Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016 | I-5 |
| Tabel I.4 | Data Hasil Produksi Asam Sulfat Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016 | I-6 |
| Tabel I.5 | Data Hasil Impor KCl Dari Berbagai Negara Tahun 2014 | I-6 |
| Tabel I.6 | Data Hasil Produksi Urea Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016..... | I-6 |
| Tabel I.7 | Kebutuhan Pupuk NPK di Berbagai Sektor di Indonesia Tahun 2011-2015..... | I-7 |
| Tabel I.8 | Produksi dan Kebutuhan Pupuk NPK di Indonesia Tahun 2010-2015..... | I-8 |
| Tabel I.9 | Data Ekspor-Impor Pupuk NPK di Indonesia (ton/tahun)..... | I-8 |
| Tabel I.10 | Sifat Fisik Amonia | I-14 |
| Tabel I.11 | Sifat Fisik Amonia Petrokimia Gresik | I-15 |
| Tabel I.12 | Sifat Fisik Ammonium Sulfat | I-15 |
| Tabel I.13 | Sifat Fisik Ammoniaum Sulfat Petrokimia Gresik..... | I-16 |
| Tabel I.14 | Sifat Fisik Asam Fosfat..... | I-16 |
| Tabel I.15 | Sifat Fisik Asam Fosfat Petrokimia Gresik | I-16 |
| Tabel I.16 | Sifat Fisik Asam Sulfat | I-17 |
| Tabel I.17 | Sifat Fisik Kalium Klorida..... | I-18 |
| Tabel I.18 | Sifat Fisik Kalium Klorida Petrokimia Gresik | I-18 |
| Tabel I.19 | Sifat Fisik Urea | I-19 |
| Tabel I.20 | Sifat Fisik Urea Petrokimia Gresik | I-19 |
| Tabel II.1 | Pemilihan Proses Pembuatan Pupuk NPK..... | II-5 |
| Tabel III.1 | Bahan Baku..... | III-1 |
| Tabel III.2 | Neraca Massa <i>Pre-Neutralizer Reactor</i> (R-110)..... | III-1 |
| Tabel III.3 | Neraca Massa Granulator (S-210)..... | III-2 |

| | | |
|--------------|---|--------|
| Tabel III.4 | Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (B-220) | III-4 |
| Tabel III.5 | Neraca Massa <i>Screen</i> (H-225)..... | III-4 |
| Tabel III.6 | Neraca Massa <i>Rotary Cooler</i> (B-310)..... | III-5 |
| Tabel III.7 | Neraca Massa <i>Coating Drum</i> (X-320) | III-6 |
| Tabel III.8 | Neraca Massa <i>Granulator Scrubber</i> (D-118) | III-7 |
| Tabel III.9 | Neraca Massa <i>Cyclone</i> (H-313) | III-7 |
| Tabel III.10 | Neraca Massa <i>Dryer Scrubber</i> (D-314)..... | III-8 |
| Tabel III.11 | Neraca Massa <i>Tail Gas Scrubber</i> (D-315) | III-9 |
| Tabel III.12 | Neraca Massa <i>Belt Conveyor</i> (J-215)..... | III-10 |
| Tabel III.13 | Neraca Massa <i>Seal Tank</i> (F-317) | III-11 |
| Tabel III.13 | Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (X-410)..... | III-7 |
| Tabel IV.1 | Neraca Panas Total <i>Pre-Neutralizer</i> (R-110) | IV-1 |
| Tabel IV.2 | Neraca Panas Total Granulator (S-210)..... | IV-2 |
| Tabel IV.3 | Neraca Panas Total <i>Rotary Dryer</i> (B-220) | IV-2 |
| Tabel IV.4 | Neraca Panas Total <i>Rotary Cooler</i> (B-310)..... | IV-2 |
| Tabel IV.5 | Neraca Panas Total <i>Coater Drum</i> (X-320)..... | IV-3 |
| Tabel IV.6 | Neraca Panas Total <i>Cooler</i> (E-312) | IV-3 |
| Tabel IV.7 | Neraca Panas Total <i>Granulator Scrubber</i> (D-118) | IV-3 |
| Tabel IV.8 | Neraca Panas Total <i>Dryer Scrubber</i> (D-314) | IV-4 |
| Tabel IV.9 | Neraca Panas Total <i>Tail Gas Scrubber</i> (D-315) | IV-4 |
| Tabel IV.10 | Neraca Panas Total <i>Cyclone</i> (H-313)..... | IV-4 |
| Tabel IV.11 | Neraca Panas Total <i>Heater</i> (E-222) | IV-5 |
| Tabel VI.1 | Rekomendasi Batas Air Umpan (IS 10392, 1982)..... | VI-5 |
| Tabel VI.2 | Rekomendasi Batas Air Boiler (IS 10392, 1982)..... | VI-6 |
| Tabel VII.1 | Alat Pelindung Diri Untuk Setiap Alat di Pabrik Pupuk NPK..... | VII-14 |
| Tabel VIII.1 | Instrumentasi dalam Pabrik Pupuk NPK | VIII-2 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

I.1.1 Sejarah

Zat pemupukan bahkan telah diterapkan di zaman kuno. Penggunaannya dapat dikaitkan pada pengamatan di alam yang terutama di lokasi di mana terdapat kotoran hewan atau manusia, residu abu, lumpur sungai, atau sisa tanaman yang telah mati. Sebagai contoh, bangsa Mesir tahu tentang kesuburan lumpur di Sungai Nil dan bangsa Babilonia mengakui nilai pupuk kandang. Selain itu, penduduk di Ubians utara dari Jerman Barat menggunakan sebuah batuan sedimen yang tidak dikonsolidasi atau tanah yang terdiri dari tanah liat dan kapur untuk menyuburkan ladang mereka. Bangsa Romawi mengakui keuntungan dari pemupukan hijau dan membudidayakan tanaman kacang-kacangan. Pada akhir milenium pertama, abu kayu itu banyak digunakan sebagai pupuk di Eropa Tengah dan tidak sampai awal abad ke-19 menggunakan kotoran burung sebagai pupuk (*guano*), atas saran dari Alexander von Humboldt (1800). Namun, sampai saat itu masih dipercaya bahwa bahan organik tanah, humus, adalah sumber sejati dari nutrisi tanaman (*Ulmann, 2003*).

Menurut Kent (1982), sekitar 61% dari total pupuk dunia pada tahun 1979 dicampur dan menghasilkan jenis pupuk NPK. Di Amerika Serikat, sekitar 53% dari semua pupuk dicampur dengan granular dan cairan. Sampai pada tahun 1980-an, pola produksi pupuk di Amerika Serikat telah berkembang ke tiga sistem utama, diantaranya adalah:

1. Granulasi
2. Bulk blending
3. Fluid Fertilizers

Granulasi

Penggunaan N, P_2O_5 , dan K_2O pada tanaman lokal digunakan untuk produksi campuran pupuk padat di Amerika



BAB I Pendahuluan

Serikat dan Eropa dengan penggunaan kalium, kalsium, sianamida, natrium nitrat, guano atau bahan nitrogen padat lainnya untuk menghasilkan campuran pupuk kelas rendah. Granulasi telah dimulai sejak pertengahan tahun 1930-an di Eropa dan oleh 1950-an, itu cukup populer di beberapa negara. Proporsi pupuk NPK selesai diproduksi di Amerika Serikat dengan proses amoniasi-granulasi mencapai maksimum sekitar 80% pada awal 1960-an. Sekitar 125 tanaman NPK granulasi yang tersisa pada tahun 1980 terus memiliki tempat yang efektif dalam sistem produksi dan pemasaran di Amerika Serikat. Mereka diperkirakan telah menghasilkan hampir 40% dari semua selesai (NPK) pupuk pada tahun 1979. Praktek fisik pencampuran granular N, P, dan K (*bulk blending*) dimulai di negara *Central* Utara pada pertengahan tahun 1950-an. Pertumbuhannya sangat spektakuler, dan lebih dari 5.000 unit blending yang beroperasi pada 1970. Sekitar 5500 diyakini beroperasi pada tahun 1980 (*Kent, 1982*).

Bulk blending

Blending massal (*bulk blending*) didefinisikan sebagai proses pencampuran pupuk granular. Praktik *blending* massal pupuk granular telah berkembang dengan pesat di Amerika Serikat, terutama sejak awal 1960-an. Praktik ini mulai di Illinois di 1947, pertumbuhan lambat, hanya mencapai 200 unit di Amerika Serikat pada pertengahan tahun 1950. Produksi besar-besaran terjadi pada tahun 1960-an ketika jumlahnya mencapai 1.700 dengan tahun 1964 dan hampir dua kali lipat menjadi 3100 oleh 1966. Pada tahun 1976, sekitar 5600 massal pencampuran unit yang diproduksi sekitar 10,7 juta ton produk (*Kent, 1982*).

Fluid Fertilizers

Pupuk cair digunakan di Amerika Serikat hanya sekitar 27 ribu ton pada tahun 1954. Namun pada tahun 1979 meningkat menjadi hampir 15 juta ton pupuk tersebut. Pupuk cairan memasok sekitar 60% dari total nitrogen dan 12% dari total P_2O_5 diterapkan pada tahun 1978. Ada sekitar 300 pabrik pupuk cair di Amerika Serikat pada tahun 1950 dan 750 pada tahun 1960. Sejak sekitar tahun 1975, telah ada kemajuan dalam penggunaan zat



antara *solid* dalam produksi suspensi NPK. Popularitas pupuk suspensi terus meningkat di Amerika Serikat. Ini terutama berlaku di negara-negara selatan-timur di mana penggunaan padatan dalam penyusunan suspensi populer. Diperkirakan bahwa sekitar 2 juta ton suspensi campuran (NPK) diproduksi pada tahun 1976 (Kent, 1982).

I.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya adalah petani, sehingga sektor pertanian memiliki peranan yang sangat penting di Indonesia karena mampu menyediakan banyak lapangan kerja, mampu mendukung sektor industri baik industri hulu maupun industri hilir. Terkait dengan masalah tersebut pupuk merupakan salah satu faktor produksi yang penting bagi pertanian, karena penggunaan pupuk secara tepat akan menentukan kuantitas dan kualitas produk yang dihasilkan.

Pupuk merupakan material yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman sehingga mampu berproduksi dengan baik. Untuk mencapai pertumbuhan dan produktivitas optimal, tanaman membutuhkan beberapa unsur, antara lain C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, dan lain-lain. Di antara unsur yang diperlukan tanaman tersebut, unsur N, P, dan K adalah unsur tambahan yang paling dibutuhkan oleh tanaman melalui pupuk. Unsur ini dapat diberikan secara terpisah maupun sekaligus. Secara terpisah, unsur N dapat diberikan sebagai *liquid amoniak* (NH_3) atau pupuk urea ($\text{CO}_2(\text{NH}_2)_2$), unsur P dapat diberikan sebagai pupuk TSP (*triple superphospat*) atau pupuk NSP (*normal superphospat*), dan unsur K dapat diberikan sebagai pupuk MOP (*muriate of potash*). Selain diberikan secara terpisah, pemberian ketiga unsur tersebut juga dapat dilakukan bersamaan dalam satu pupuk, yang sering disebut dengan pupuk NPK.

Pupuk NPK sangat banyak digunakan dalam sektor perkebunan, mencapai 73,8% dari total produksi NPK. Setiap



tahun, kebutuhan pupuk NPK cenderung meningkat, namun produksi pupuk NPK cenderung stagnan. Hal ini perlu dihindari, karena apabila kondisi ini berlanjut, maka akan terjadi defisit pasokan pupuk. Defisit pasokan pupuk NPK sangat dihindari, karena jika hal tersebut terjadi, maka jumlah pupuk yang diaplikasikan ke areal pertanian akan menurun, sehingga dapat dipastikan produktivitas pertanian pun akan menurun. Oleh karena itu, perlu dibangunnya suatu pabrik pupuk NPK baru yang mempunyai kapasitas cukup besar untuk menutup defisit yang terjadi. Selain itu, pembangunan pabrik pupuk NPK juga mendukung program pemerintah untuk berswasembada pangan, karena dengan meningkatnya pasokan pupuk, maka diharapkan produktivitas pertanian juga akan meningkat.

I.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik pupuk didirikan berdekatan dengan lokasi pabrik pemasok bahan baku untuk meminimalisir biaya transportasi penyediaan bahan baku. Pabrik pemasok bahan baku yang dituju antara lain, PT. Petrokimia Gresik sebagai pemasok urea, ammonia, asam sulfat, asam fosfat dan ZA, sedangkan untuk KCl akan diimpor dari Kanada.

Berikut tinjauan ketersediaan bahan baku sebagai faktor pendukung pembuatan pabrik pupuk NPK:

1. Ammonia

Berikut ini merupakan data produksi ammonia di Indonesia pada tahun 2016:

Tabel I.1 Data Hasil Produksi Ammonia Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016

| No | Nama Pabrik | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|----|--------------------------------------|-----------------------|
| 1 | PT Petrokimia Gresik (I) | 440.000 |
| 2 | PT Pupuk Kujang Cikampek (1A & 1B) | 660.000 |
| 3 | PT Pupuk Kalimantan Timur (1-5 & 1A) | 2.840.000 |



| | | |
|---|---|-----------|
| 4 | PT Pupuk Iskandar Muda (1 & 2) | 766.000 |
| 5 | PT Pupuk Sriwidjaja Palembang (I & II) | 1.190.000 |

(Sumber: Pupuk Indonesia, 2016).

2. Ammonium Sulfat

Ammonium sulfat yang digunakan akan di pasok oleh PT Petrokimia Gresik yang memproduksi ammonium sulfat 750.000 ton/tahun. Selain itu Indonesia telah mengimpor ammonium sulfat dari berbagai negara. Berikut ini merupakan impor ammonium sulfat di Indonesia pada tahun 2014:

Tabel I.2 Data Hasil Impor Ammonium Sulfat Dari Berbagai Negara Tahun 2014

| No | Negara | Berat (Ton) |
|----|----------------|----------------|
| 1 | Cina | 581.034,23 |
| 2 | Korea Selatan | 216.970,265 |
| 3 | Afrika Selatan | 27.070 |
| 4 | Jepang | 24.000 |

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2016).

3. Asam Fosfat

Berikut ini merupakan data produksi asam fosfat di Indonesia pada tahun 2016:

Tabel I.3 Data Hasil Produksi Asam Fosfat Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016

| No | Nama Pabrik | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|----|----------------------------|--------------------------|
| 1 | PT Petrokimia Gresik (III) | 400.000 |
| 2 | PT Petro Jordan Abadi | 200.000 |

(Sumber: Pupuk Indonesia, 2016).



4. Asam Sulfat

Berikut ini merupakan data produksi asam sulfat di Indonesia pada tahun 2016:

Tabel I.4 Data Hasil Produksi Asam Sulfat Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016

| No | Nama Pabrik | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|----|------------------------------|-----------------------|
| 1 | PT Petrokimia Gresik (III) | 2.170.000 |
| 2 | PT Petro Jordan Abadi | 600.000 |
| 3 | PT Indonesian Acids Industry | 82.500 |

(Sumber: Pupuk Indonesia dan Indoacids, 2016).

5. KCl

Berikut ini merupakan data impor KCl Indonesia pada tahun 2014:

Tabel I.5 Data Hasil Impor KCl Dari Berbagai Negara Tahun 2014

| No | Negara | Berat (Ton) |
|----|-----------|-------------|
| 1 | Kanada | 1.407.044,1 |
| 2 | Belarusia | 624.232,901 |
| 3 | Fed Rusia | 574.711,246 |
| 4 | Jordan | 170.285,2 |
| 5 | Jerman | 95.033,085 |

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2016).

6. Urea

Berikut ini merupakan data produksi urea di Indonesia pada tahun 2016:

Tabel I.6 Data Hasil Produksi Urea Dari Berbagai Pabrik di Indonesia Tahun 2016

| No | Nama Pabrik | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|----|--------------------------|-----------------------|
| 1 | PT Petrokimia Gresik (I) | 460.000 |
| 2 | PT Pupuk Kujang Cikampek | 1.140.000 |



| | (1A & 1B) | |
|---|---|-----------|
| 3 | PT Pupuk Kalimantan Timur (1-5 & 1A) | 3.550.000 |
| 4 | PT Pupuk Iskandar Muda (1 & 2) | 1.140.000 |
| 5 | PT Pupuk Sriwidjaja Palembang (I & II) | 1.270.000 |

(Sumber: Pupuk Indonesia, 2016).

I.1.4 Kebutuhan Dan Aspek Pasar

Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk yang terdiri dari beberapa unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Dipasaran NPK diaplikasikan pada banyak tanaman seperti misalnya tanaman padi, umbi-umbian, sayuran, tanaman tebu dll.

Tabel I.7 Kebutuhan Pupuk NPK di Berbagai Sektor di Indonesia Tahun 2011-2015

| Kebutuhan Ton/tahun | Tahun | | | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Pangan | 3.586.791 | 3.769.833 | 3.962.453 | 4.165.161 | 4.378.497 |
| Sereal | 888.467 | 924.005 | 960.966 | 999.404 | 1.039.380 |
| Kabi | 370.644 | 385.470 | 400.888 | 416.924 | 433.601 |
| Hortikultura | 2.327.680 | 2.460.358 | 2.600.599 | 2.746.833 | 2.905.516 |
| Kebun Rakyat | 478.141 | 525.956 | 576.551 | 636.406 | 700.047 |
| Kebun Besar | 1.031.818 | 1.134.998 | 1.248.499 | 1.373.349 | 1.510.683 |
| Total | 5.096.750 | 5.430.787 | 5.787.503 | 6.174.916 | 6.589.227 |

(Sumber: APPI, 2016).

Peluang pasar dilakukan untuk mengetahui jumlah yang dapat diambil pabrik dalam memasarkan barang yang ditawarkan. Penentuan peluang pasar membutuhkan data permintaan dan penawaran pupuk NPK pada 5 tahun terakhir. Berikut merupakan tahapan dalam penentuan peluang pasar di Jawa timur yang rencananya akan di jadikan tempat pendirian pabrik pupuk NPK. Berikut pola permintaan pupuk NPK 6 tahun terakhir :



Tabel 1.8 Produksi dan Kebutuhan Pupuk NPK di Indonesia
Tahun 2010-2015

| Tahun | Produksi Dalam Negeri (ton/tahun) | Kebutuhan (ton/tahun) | Peluang Pasar (ton/tahun) |
|--------------|--|----------------------------------|--|
| 2010 | 1.853.172 | 4.785.530 | 2.932.358 |
| 2011 | 2.213.491 | 5.096.750 | 2.883.259 |
| 2012 | 2.893.868 | 5.430.787 | 2.536.919 |
| 2013 | 2.528.347 | 5.787.503 | 3.259.156 |
| 2014 | 2.716.098 | 6.174.916 | 3.458.818 |
| 2015 | 3.001.087 | 6.589.227 | 3.588.140 |

(Sumber: APPI, 2016).

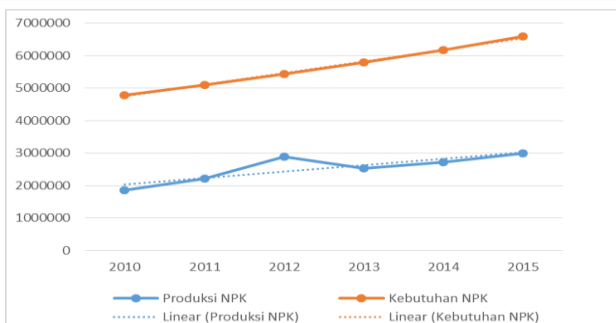
I.1.5 Penentuan Kapasitas Pabrik

Berikut adalah tabel data ekspor-impor pupuk NPK di Indonesia dari tahun 2010-2015 beserta data produksi dan kebutuhannya pada **Tabel I.3**

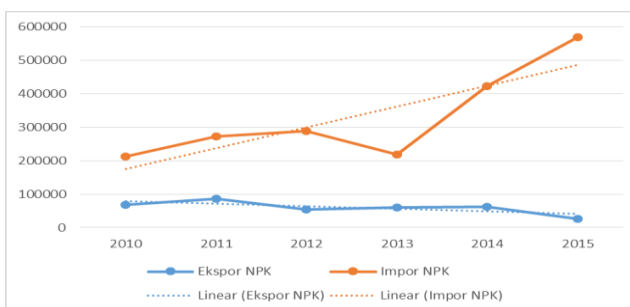
Tabel I.9 Data Ekspor-Impor Pupuk NPK di Indonesia
(ton/tahun)

| Tahun | Produksi | Jumlah Impor | Jumlah Ekspor | Kebutuhan |
|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------------|
| 2010 | 1.853.172 | 212.972 | 68.893 | 4.785.530 |
| 2011 | 2.213.491 | 272.337 | 86.801 | 5.096.750 |
| 2012 | 2.893.868 | 288.600 | 53.831 | 5.430.787 |
| 2013 | 2.528.347 | 219.645 | 60.326 | 5.787.503 |
| 2014 | 2.716.098 | 423.187 | 62.357 | 6.174.916 |
| 2015 | 3.001.087 | 570.430 | 26.932 | 6.589.227 |

(Sumber: APPI dan Badan Pusat Statistik, 2016).



Grafik I.1 Data Produksi dan Konsumsi Pupuk NPK Dari Tahun 2010-2015



Grafik I.2 Data Ekspor dan Impor Pupuk NPK Dari Tahun 2010-2015

Dari **Grafik I.1** dapat dilihat bahwa pertumbuhan produksi dan kebutuhan pupuk NPK semakin meningkat seiring bertambahnya tahun. Namun meningkatnya jumlah produksi masih belum setara dengan jumlah kebutuhan NPK. Sedangkan dari **Grafik I.2** dapat dilihat bahwa jumlah ekspor NPK semakin menurun dan impor NPK cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan produksi NPK dalam negeri belum bisa memenuhi permintaan pasar. Sehingga, dilakukan pengurangan jumlah ekspor dan penambahan jumlah impor untuk memenuhi kebutuhan pasar, seperti yang tertera dalam grafik.



BAB I Pendahuluan

Sehingga dari data tersebut dapat diketahui kapasitas produksi pabrik pupuk NPK dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan} &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor})_{2020} \\ &= (731.759.540 - 15.878.761) - (399182500 + 2540467) \\ &= 191.293.672\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pabrik} &= 0,075\% \times 191.293.672 \\ &= 143470,254 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Dari data di atas dapat diambil kapasitas pabrik sebesar 150.000 ton/tahun. Pabrik bekerja secara kontinyu dalam 1 tahun selama 300 hari, sehingga kapasitas produksi menjadi sebesar 500 ton/hari.

I.1.6 Pemilihan Lokasi

Kriteria yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik agar pabrik yang dirancang bisa mendatangkan keuntungan yang besar antara lain, penyediaan bahan baku, pemasaran produk, fasilitas transportasi dan tenaga kerja. Alasan pemilihan lokasi untuk pendirian pupuk NPK yang sesuai dengan studi kelayakan antara lain:

- Tersedia lahan yang kurang produktif untuk pertanian, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pendirian kawasan industri pupuk NPK.
- Tersedia sumber air.
- Dekat dengan konsumen pupuk, yaitu perkebunan dan lahan pertanian.
- Dekat dengan pelabuhan.
- Dekat dengan pabrik pupuk lainnya juga untuk memudahkan memperoleh bahan baku

Lokasi pabrik pupuk NPK direncanakan berdiri di daerah **Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur** dengan pertimbangan sebagai berikut:



1. **Penyediaan Bahan Baku**
Pabrik pupuk didirikan berdekatan dengan lokasi pabrik pemasok bahan baku untuk meminimalisir biaya penyediaan bahan baku. Pabrik pemasok bahan baku yang dituju antara lain PT. Petrokimia Gresik sebagai pemasok urea, ammonia, asam sulfat, asam fosfat dan ZA, sedangkan untuk KCl akan diimpor dari Kanada.
2. **Pemasaran produk**
Pulau Jawa merupakan daerah industri kimia yang besar dan sedang berkembang pesat. Disini juga banyak terdapat lahan pertanian dan perkebunan, dimana lahan pertanian (sawah) pada tahun 2013 seluas 1.102.863 hektar sedangkan lahan perkebunan 804,1 hektar. Hal ini menjadikan daerah tersebut sebagai pasar yang baik untuk pendirian pupuk NPK. Saat ini pabrik yang membutuhkan pupuk NPK sebagian besar juga terdapat di pulau Jawa, namun pemasaran dari Jawa ke pulau-pulau lainnya juga tidaklah sulit karena sudah tersedianya sarana transportasi laut yang cukup memadai.
3. **Transportasi**
Sarana transportasi darat dan laut sudah tidak menjadi masalah, karena fasilitas jalan raya dan pelabuhan di Paciran sudah memadai. Selain itu, Paciran juga berada pada jalur Pantura yang merupakan jalur transportasi utama di Pulau Jawa.
4. **Tenaga kerja**
Menurut data Statistik tahun 2015, jumlah penduduk di Lamongan sebanyak 1.187.795 jiwa. Untuk prarancangan pabrik Pupuk NPK ini akan merekrut orang-orang sekitar maupun orang luar daerah sebagai tenaga kerja, seperti Gresik dan Surabaya yang memiliki tingkat pengangguran 5,6 dan 7% dari jumlah penduduk pada tahun 2015. Untuk tenaga kerja ahli dapat diperoleh, karena Lamongan dekat dengan Institusi pendidikan seperti ITS, UNAIR, dan UNESA .



5. Faktor penunjang lain

Paciran, Kabupaten Lamongan yang terdiri dari sebagian berupa pegunungan, lebih tepatnya perbukitan–kapur dan sebagian berupa daratan agak rendah dengan tingkat kesuburan tanah rendah, sehingga dapat digunakan sebagai lahan industri. Selain itu Lamongan di lalui oleh sungai Bengawan Solo yang airnya dapat digunakan sebagai sarana utilitas.

Adapun geografis daerah Paciran, Kabupaten Lamongan Jawa Timur dapat direpresentasikan sebagai berikut :



Gambar 1.1 Representasi Daerah Paciran, Lamongan Jawa Timur

I.2 Dasar Teori

Pupuk NPK, menurut Pedoman EEC (*European Economic Community*), pupuk NPK harus berisi minimal 3% N, 5% P_2O_5 , 5% K_2O dan setidaknya 20% dari total nutrisi. Nilai yang paling umum digunakan (N- P_2O_5 - K_2O , masing-masing dalam wt%). Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk dengan kandungan unsur hara yang lengkap (*Ullmann, 2003*).

Nitrogen (N) adalah unsur pupuk yang paling penting, dan untuk alasan ini fungsinya dalam metabolisme tanaman layak untuk kepentingan tertentu. Nitrogen merupakan elemen penting untuk asam amino, protein, asam nukleat, berbagai macam koenzim, dan beberapa *phytohormones*. Proses biokimia dasar



pertumbuhan meristematik, seperti sintesis protein dan asam nukleat juga membutuhkan N. Jika nutrisi ini tidak disediakan dalam jumlah yang cukup, tingkat pertumbuhan menjadi tertekan dan berpengaruh pada sintesis protein. Kekurangan nitrogen pada tanaman ditandai dengan kandungan protein yang rendah dan kandungan karbohidrat yang tinggi (Ullmann, 2003).

Fosfor (P) merupakan elemen penting, hadir dalam berbagai koenzim, yang paling menonjol adalah adenosin trifosfat (ATP) yang membawa jenis energi universal yang digunakan dalam sejumlah proses biokimia. P tidak hanya diperlukan dalam metabolisme tanaman, tetapi juga di semua organisme hidup. Apabila pasokan P kurang memenuhi dapat mempengaruhi berkurangnya tingkat pertumbuhan, pertumbuhan biji dan pembentukan buah. Daun tanaman yang kekurangan unsur P sering menunjukkan warna hijau gelap abu-abu dan batang dapat berubah menjadi merah (Ullmann, 2003).

Ion kalium (K^+), konsentrasi K^+ dalam sitoplasma adalah sekitar 100 mm dan dengan demikian jauh lebih tinggi dari konsentrasi spesies ion lainnya. Kalium penting dalam menentukan tekanan osmotik fluida tanaman, dan kekurangan ion K^+ pada tanaman ditandai dengan penggunaan air yang efisien. Tanaman yang menderita kekurangan K^+ menunjukkan adanya penurunan tekanan pada dinding sel tanaman (tekanan turgor), dan dengan mudah menjadi lembek di bawah tekanan air. Selain itu juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan daun yang lebih tua menunjukkan gejala defisiensi nekrosis (Ullmann, 2003).

1.3 Kegunaan

Kegunaan pupuk NPK bagi tanaman diantaranya sebagai berikut:

- Meningkatkan produksi dan kualitas panen
- Sesuai untuk berbagai jenis tanaman
- Meningkatkan daya tahan tanaman terhadap gangguan hama, penyakit, dan kekeringan



- Menjadikan tanaman lebih hijau dan segar karena banyak mengandung butir hijau daun
- Memacu pertumbuhan akar dan sistem perakaran yang baik
- Memacu pembentukan bunga, mempercepat panen dan menambah kandungan protein
- Menjadikan batang lebih tegak, kuat dan mengurangi resiko rebah
- Memperbesar ukuran buah, umbi, dan biji-bijian
- Meningkatkan ketahanan hasil selama pengangkutan dan penyimpanan
- Meperlancar proses pembentukan gula dan pati

(Petrokimia Gresik, 2012).

I.4 Sifat Fisika & Kimia

I.4.1 Bahan Baku Utama

I.4.1.1 Amonia

a. Sifat Fisika Amonia

Sifat fisika dari amonia terdapat pada **Tabel I.10** dan **Tabel**

I.11

Tabel I.10 Sifat Fisik Amonia

| Formula | NH ₃ |
|--|----------------------------|
| Berat Molekul | 17,0312 gr/mol |
| <i>Liquid Density</i> pada 0 °C, 101,3 kPa | 0,6386 gr/cm ³ |
| <i>Gas Density</i> pada 0 °C; 101,3 kPa | 0,7714 gr/ cm ³ |
| Tekanan Kritis | 11, 28 MPa |
| Temperatur Kritis | 132,4 °C |
| <i>Melting point</i> | -77,71 °C |
| <i>Boiling Point</i> (101,3 kPa) | -33,35 °C |
| <i>Standart enthalpy</i> (gas 25 °C) | -46,22 kJ/mol |
| <i>Standart entropy</i> (gas 25 °C; 101,3 kPa) | 192,731 J/mol K |

(Ullmann, 2003).

**Tabel I.11** Sifat Fisik Amonia Petrokimia Gresik

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| <i>Density</i> pada 0 °C | 0,641 gr/L |
| <i>Equilibrium Pressure</i> pada 0 °C | 4,37 kg/cm ² |
| <i>Specific Heat Ammonia Gas</i> | 0,40 kcal/kg °C |
| <i>Specific Heat Liquid Ammonia</i> | 1,10 kcal/kg °C |

(Panduan Operasi Petrokimia, 2002).

b. Sifat Kimia Amonia

Salah satu sifat kimia dari ammonia yaitu pada ammonia cair terkadang terjadi perbedaan reaksi di dalam air karena terjadi perbedaan kelarutan banyak garam antara air dan ammonia. Pada ammonia cair, garam ammonium memiliki sifat asam. Misalnya, pada alkali dan alkali tanah, Ce, La, Mn, Co, Ni, dan Fe, serta paduannya yang larut dalam larutan ammonium bromide, iodide sianida, tiosianida, dengan pembentukan logam yang sesuai garam amina.



(Ullmann, 2003).

I.4.1.2 Ammonium Sulfat

a. Sifat Fisika Ammonium Sulfat

Ammonium sulfat merupakan kristal garam yang berwarna putih dan memiliki tingkat kelarutan yang tinggi. Sifat fisika dari amonia terdapat pada **Tabel I.12** dan **Tabel I.13**

Tabel I.12 Sifat Fisik Ammonium Sulfat

| | |
|---------------------------------------|---|
| Formula | (NH ₄) ₂ SO ₄ |
| Berat Molekul | 132,14 gr/mol |
| <i>Density</i> | 1,769 gr/cm ³ |
| <i>Melting point in closed system</i> | 513 °C |
| <i>Solubility</i> | |
| Pada temperatur 0 °C | 70,6 gr |
| Pada temperatur 100 °C | 103,8 gr |

(Kirk-Othmer, 1984).

**Tabel I.13** Sifat Fisik Ammonium Sulfat Petrokimia Gresik

| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| <i>Solubility in water</i> | |
| Pada temperature 80 °C | 95,3 gr/100 gr H ₂ O |
| Pada temperature 90 °C | 99,1 gr/100 gr H ₂ O |
| <i>Steam Pressure</i> pada 90 °C | 396 mmHg |
| <i>Specific Heat</i> | 0,40 kcal/kg °C |

(Panduan Operasi Petrokimia, 2002).

b. Sifat Kimia Ammonium Sulfat

Sifat Kimia Ammonium Sulfat (ZA) antara lain:

1. Pada sistem terbuka mulai terdekomposisi pada suhu 100°C menghasilkan NH₃ dan amonium bisulfat (NH₄HSO₄)
2. Di atas 300 °C terdekomposisi membentuk SO₂, SO₃, H₂O, dan N₂

I.4.1.3 Asam Fosfat

a. Sifat Fisika Asam Fosfat

Asam fosfat merupakan mineral asam kedua terbesar yang diproduksi setelah asam sulfat. Konsumsi terbesar dari asam fosfat adalah pada pembuatan garam fosfat. Sifat fisika dari amonia terdapat pada **Tabel I.14** dan **Tabel I.15**

Tabel I.14 Sifat Fisik Asam Fosfat

| | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Formula | H ₃ PO ₄ |
| <i>Density</i> pada 25 °C; 100% wt | 1,864 gr/cm ³ |
| <i>Melting point</i> | 29,25 °C |
| <i>Boiling point</i> | 261 °C |
| <i>Viscosity</i> (20 °C) | 140 mPas |

(Kirk-Othmer, 1984).

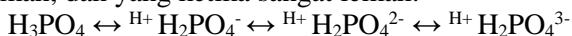
Tabel I.15 Sifat Fisik Asam Fosfat Petrokimia Gresik

| | |
|---|--------------------------|
| <i>Density</i> pada 25 °C; 41% P ₂ O ₅ | 1,474 gr/cm ³ |
| <i>Water Contents</i> 41% P ₂ O ₅ | 35,8 % H ₂ O |
| <i>Dilution Heat</i> 25 °C; 41% P ₂ O ₅ | 28.333 kcal/kg |
| <i>Specific Heat</i> 41% P ₂ O ₅ | 0,53 kcal/kg °C |

(Panduan Operasi Petrokimia, 2002).

**b. Sifat Kimia Asam Fosfat**

Asam fosfat merupakan asam *tribasic*, dimana atom hidrogen pertama merupakan pengion yang kuat, sedangkan yang kedua cukup lemah, dan yang ketiga sangat lemah.



Asam fosfat cenderung tidak reaktif pada temperatur kamar. Ketika anhidrat asam fosfat meleleh, reorganisasi terjadi dalam fasa cairan.



(Kirk-Othmer, 1984).

I.4.1.4 Asam Sulfat**a. Sifat Fisika Asam Sulfat**

Asam Sulfat merupakan asam kuat yang bersifat higroskopis dan sebagai pengoksidasi. Asam sulfat murni tidak berwarna. Sifat fisika dari amonia terdapat pada **Tabel I.16**

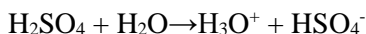
Tabel I.16 Sifat Fisik Asam Sulfat

| | |
|---|---------------------------|
| Formula | H_2SO_4 |
| Berat Molekul | 98,08 gr/mol |
| Density | 1,8356 gr/cm ³ |
| Melting point | 10,4 °C |
| Boiling Point (101,3 kPa) | 279,6 °C |
| Standart enthalpy pada boiling point | -8,305 kJ/kg |
| Latent heat of evaporation at boiling point | 605 kJ/kg |

(Ullman, 2003).

b. Sifat Kimia Asam Sulfat

Asam sulfat murni hanya dapat terionisasi sebagian kecil saja, oleh karena itu konduktivitas listrik dari asam sulfat memiliki nilai terendah di 100% H_2SO_4 . Ketika asam sulfat murni diencerkan dengan air maka disosiasi larutan akan semakin bertambah seperti reaksi dibawah:



(Ullmann, 2003).



I.4.1.5 Kalium Klorida

a. Sifat Fisika Kalium Klorida

Kalium klorida merupakan kristal tidak berwarna yang bersifat nonhigroskopis. Sifat fisika dari kalium klorida terdapat pada **Tabel I.17** dan **Tabel I.18**

Tabel I.17 Sifat Fisik Kalium Klorida

| | |
|----------------|--------------------------|
| Formula | KCl |
| Berat Molekul | 74,55 gr/mol |
| Density | 1,987 gr/cm ³ |
| Specific heat | 693,7 J/kg K |
| Melting point | 771 °C |
| Heat of fusion | 337,7 kJ/kg |
| Enthalpy | -436,7 kJ/mol |
| Entropy | 82,55 J/mol K |

(Ullman, 2003).

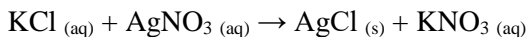
Tabel I.18 Sifat Fisik Kalium Klorida Petrokimia Gresik

| | |
|---|---------------------------------|
| Specific heat | 0,19 kcal/kg °C |
| Solubility in water Pada temperature 90 °C | 53,8 gr/100 gr H ₂ O |

(Panduan Operasi Petrokimia, 2002).

b. Sifat Kimia Kalium Klorida

Kalium klorida dapat bereaksi sebagai sumber ion klorida. Seperti halnya larutan ionik klorida, hal itu akan memicu larutan garam klorida bila ditambahkan ke larutan dari ion logam yang sesuai:



(Supriyanto, 2005).

I.4.1.6 Urea

a. Sifat Fisika Urea

Urea merupakan zat monobasa dan membentuk garam jika bereaksi dengan asam. Apabila bereaksi dengan asam nitrat membentuk urea nitrat, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{HNO}_3$, yang terurai secara



eksplosif jika dipanaskan. Sifat fisika dari amonia terdapat pada **Tabel I.19** dan **Tabel I.20**

Tabel I.19 Sifat Fisik Urea

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Formula | CO(NH ₂) ₂ |
| Berat Molekul | 60,056 gr/mol |
| Density | 1,3230 gr/cm ³ |
| Bulk Density | 0,74 gr/cm ³ |
| Melting point | 135 °C |
| Heat of Fusion | 251 J/gr |
| Specific heat pada 0 °C | 1,439 J/kg K |

(Kirk-Othmer, 1984).

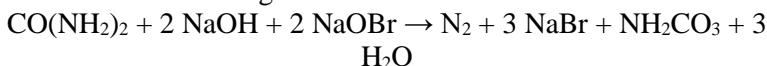
Tabel I.20 Sifat Fisik Urea Petrokimia Gresik

| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Specific heat | 0,32 kcal/kg °C |
| Solubility in water | |
| Pada temperature 90 °C | 514 gr/100 gr H ₂ O |
| Steam Pressures pada 90 °C | 197,1 mmHg |

(Panduan Operasi Petrokimia, 2002).

b. Sifat Kimia Urea

Salah satu sifat kimia dari urea yaitu dapat bereaksi dengan natrium hidroksida menghasilkan natrium karbonat. Berikut adalah reaksi urea dengan natrium hidroksida



(Kirk-Othmer, 1984).

I.4.2 Bahan Tambahan

I.4.2.1 Coating

Coating oil dan *coating powder* adalah bahan yang digunakan untuk melapisi *finished product* di *Coating drum* sehingga produk lebih awet dan tidak mudah rusak.

Sifat Fisik Coating Powder antara lain:

- Penampilan : Padat dan tidak berbau
- pH : 9,55
- Bulk density : 965 kg/m³



BAB I Pendahuluan

- *Percent volatile* : 0 %
(Sangjoom, 2011).

Sifat Fisik *Coating Oil* antara lain:

- Penampilan : Cairan
- pH : 9,45
- Titik didih : 97°C
- *Specific gravity* : 1,05
(Sangjoom, 2011).

I.4.3 Produk Utama

I.4.3.1 NPK

Di pasaran, banyak sekali merk dagang untuk pupuk majemuk NPK, baik yang bersubsidi maupun tidak. NPK bersubsidi untuk saat ini adalah bermerk dagang Phonska, pupuk ini diproduksi oleh PT. Petrokimia Gresik. NPK Phonska ber Kandungan N 15%, P 15%, K 15%, dan S 10%. Biasanya pupuk phonska dikenal oleh para petani dengan pupuk phonska 15-15-15 atau pupuk NPK 15-15-15 saja. Selain pupuk phonska, pupuk berjenis NPK lain yang tidak bersubsidi juga banyak dijumpai di kios-kios pertanian, seperti pupuk NPK BASF 15-15-15, NPK Holland 15-15-15, NPK Mutiara 16-16-16, NPK Kebomas 16-16-16, NPK Pak Tani 16-16-16, NPK Sawit 13-6-27, NPK Kujang 30-6-8, NPK Gramafix, NPK Sundag, NPK fertilizer dan masih banyak lagi (Kurnianti, 2014).

Sifat Fisik dan Kimia pupuk NPK antara lain:

- Bau : Tanpa bau
- Penampilan : Butiran berwarna merah muda
- Kelarutan : mudah larut dalam air
- Spesifik Gravity : < 1
- pH : 5 – 8
- % N : 14 – 16
- % P_2O_5 : 14 – 16
- % K_2O : 14 -16
- % H_2O : 1,5 maksimum
- % Sulfur : 10



- % Kadar Air : Maksimal 1,5
 - Ukuran butiran : mesh -4+10 minimal 70%
- (Petrokimia Gresik, 2012).

I.4.4 Produk Sampingan

I.4.4.1 NH_4SO_4

Dalam proses produksi pupuk NPK ini, terdapat produk samping yaitu gas buang yang masih mengandung NH_3 . Dimana gas buang ini berasal dari proses pada *granulator*.. Hasil samping gas buang yang mengandung NH_3 akan diproses dalam *scrubber* untuk memisahkan NH_3 dari udara menggunakan H_2SO_4 menjadi NH_4SO_4 dalam bentuk cair.

BAB II

MACAM DAN URAIAN PROSES

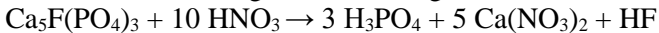
II.1 Macam Proses

Ada 2 proses utama dalam pembuatan pupuk NPK dalam skala industri, diantaranya adalah:

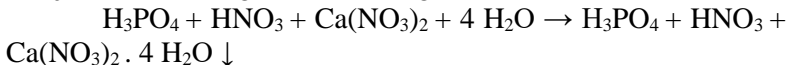
1. *Nitrophosphate Route*
2. *Mixed Acid Route*

II.1.1 Nitrophosphate Route

Sumber fosfat harus dikonversi ke dalam bentuk yang dapat diambil oleh tanaman. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan proses terpadu "*Nitrophosphate Route*" yang menghasilkan pupuk majemuk yang mengandung amonium nitrat, fosfat dan garam kalium. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan nitrat dan senyawa pupuk mulai dari batuan fosfat dan menggunakan semua komponen nutrisi dalam proses yang terintegrasi tanpa limbah padat dan dengan emisi gas dan cair minimal. Proses "nitrophosphate" dimulai dengan peleburan batu fosfat dalam asam nitrat, dengan reaksi sebagai berikut:



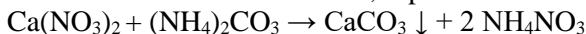
Berbagai senyawa volatil seperti karbon dioksida (CO_2), gas nitrous (NO_x) dan hidrogen fluorida (HF) dapat dilepaskan, tergantung pada batuan fosfat. Larutan induk yang diperoleh mengandung terlalu banyak ion kalsium untuk menjamin kebutuhan tanaman akan P_2O_5 tersedia. Karena itu larutan didinginkan sehingga *calcium nitrate tetrahydrate* (CNTH) menjadi kristal, dengan reaksi sebagai berikut:



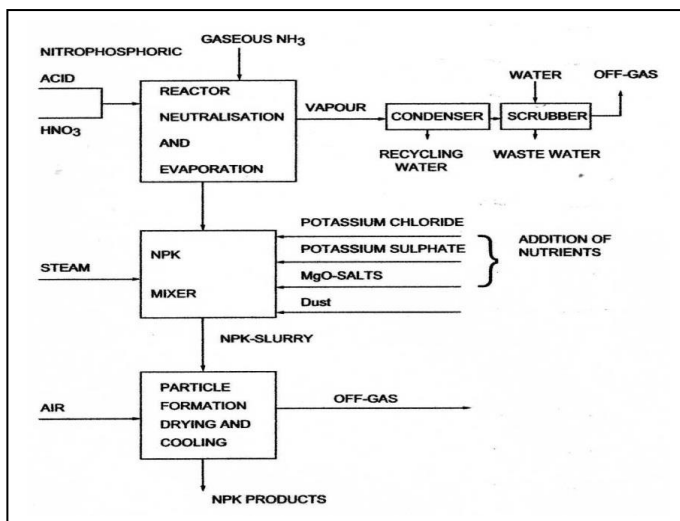
Liquid asam fosfat, sisa kalsium nitrat dan asam nitrat, yang disebut asam *nitrophosphoric*, dapat dipisahkan dari kristal CNTH dengan penyaringan. Asam *nitrophosphoric* kemudian dinetralkan dengan amonia, dicampur dengan garam kalium/magnesium, sulfat dan/atau mikro-nutrisi dan dikonversi dalam



rotary granulation drum, fluidized bed, prilling tower atau pug-mill untuk mendapatkan pupuk majemuk padat yang mengandung nitrat. Kristal kalsium nitrat dipisahkan dengan dilarutkan dalam amonium nitrat dan amonium karbonat, seperti reaksi berikut:



Liquid disaring dan kristal kalsium karbonat dikeluarkan dan digunakan untuk produksi kalsium granular pupuk ammonium nitrat. Larutan amonium nitrat yang dihasilkan dan juga digunakan untuk menghasilkan kalsium amonium pupuk nitrat atau NPK. *Liquid* kalsium nitrat juga dapat dinetralisir dan diuapkan untuk mendapatkan pupuk yang *solid* (EFMA, 2000). Berikut adalah proses dari *Nitrophosphate Route* yang dapat dilihat pada **Gambar II.1**



Gambar II.1 Proses Pembuatan Pupuk NPK Menggunakan Metode *Nitrophosphate Route*

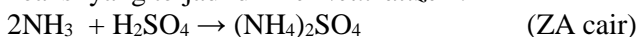
II.1.2 Mixed Acid Route

Proses pembuatan pupuk NPK yang digunakan adalah proses kompleks yang menggabungkan proses pencampuran



(*mixing*) dan pereaksian (*reaction*). Secara umum proses pembuatan pupuk NPK terdiri atas pemrosesan bahan padat dan bahan cair yang kemudian akan disatukan di dalam sebuah alat yang disebut *granulator*.

Bahan baku padat yang berupa urea, ZA, dan KCl diumpangkan ke dalam *hopper* kecil kemudian dimasukkan ke granulator dan dicampur dengan *recycle product*. Sedangkan bahan baku cair yang berupa amoniak, asam sulfat dan asam fosfat direaksikan di *pre-neutralizer* yang menghasilkan *slurry* dengan berkisar suhu antara 120-125 °C dan kadar air mencapai 8-17%. Di dalam tangki ini asam sulfat dan asam fosfat dinetralisasi dengan ammonia. Amoniak yang digunakan adalah amoniak cair agar volum pipa yang digunakan lebih kecil. Proses netralisasi ini berlangsung di dalam *pre-neutralizer* tank pada kondisi operasi temperatur 120-130 °C, tekanan 1 atm, kecepatan putaran 56 rpm dan pH 1-2 masing-masing membentuk ammonium sulfat (ZA cair) dan monoammonium phosphate (MAP) dan diammonium phosphat (DAP) dengan ratio N/P= 0,6-0,9. Reaksi yang terjadi di *Pre-Neutralizer* :



Untuk membuat NPK, semua bahan baku dan *recycle* diumpangkan ke dalam granulator. Padatan yang keluar dari granulator memiliki kandungan kadar air normal 2-2,5 % dan diumpangkan secara gravitasi ke dalam *dryer* untuk memperoleh kadar air yang diinginkan yaitu 1-1,5 %. Produk kering yang keluar dari *dryer* dimasukkan ke dalam *screen* untuk dipisahkan antara produk *under size*, *onsize* (4-10 mesh), dan *over size*.

Reaksi yang terjadi di Granulator :

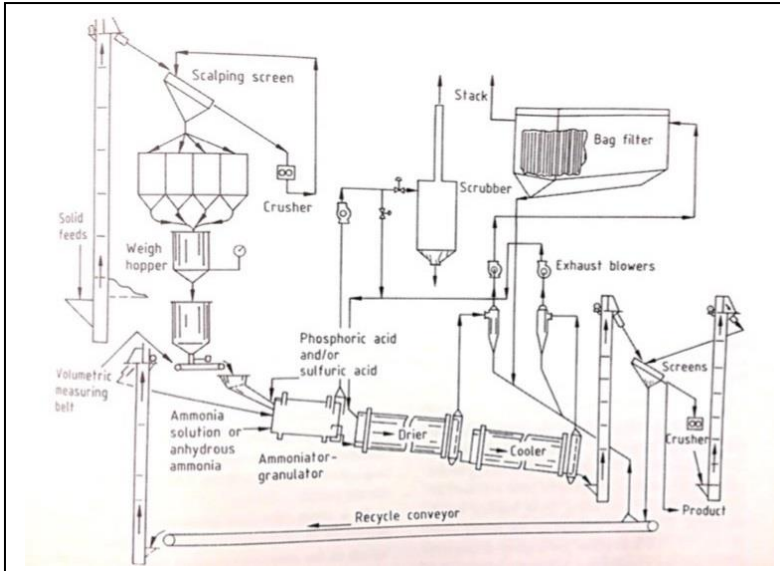


Produk dengan ukuran *onsize* kemudian diumpangkan ke *cooler drum* untuk menurunkan temperatur dengan menggunakan udara kering pendingin. Selanjutnya, produk dingin dikirim ke *coating rotary drum* untuk dilapisi dengan *Coating agent* karena



produk bersifat higroskopis yang dapat mempercepat proses *caking*. Produk keluaran dari *coater* dikirim ke gudang penyimpanan akhir yang kemudian akan dikemas di *storage*. (Phonska, 2000).

Berikut adalah proses pembuatan pupuk NPK dengan *Mixed Acid Route* **Gambar II.2**



Gambar II.2 Proses Pembuatan Pupuk NPK Menggunakan Metode *Mixed Acid Route*

II.2 Seleksi Proses

Dari macam proses yang telah diuraikan diatas, berikut adalah beberapa perbandingan dari macam proses yang ada pada **Tabel II.1**

**Tabel II.1** Pemilihan Proses Pembuatan Pupuk NPK

| Proses Parameter | Nitrophosphate route | Mixed Acid Route |
|-----------------------------------|---|---|
| Bahan Baku | Batuan fosfat | Urea, Asam fosfat, ZA, KCl, Asam sulfat dan Amoniak, |
| Bahan Pembantu | Asam nitrat dan gas amonia | - |
| Kondisi Operasi | Temperatur : 150-180 °C Tekanan : 1,48 atm pH : 5 | Temperatur : 120-125°C Tekanan : 1 atm pH : 1-2 |
| Spesifikasi produk | | |
| Hasil sampling | Calcium nitrat, amonium nitrat | Slurry $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| Komposisi | Kandungan P yang didapat lebih rendah | Kandungan P yang didapat lebih tinggi |

Berdasarkan **Tabel II.1** tentang perbandingan proses-proses pembuatan pupuk NPK, maka akan dibuat pabrik pupuk NPK dengan proses *mixed acid route*. Hal ini didasarkan pada beberapa alasan berikut:

1. Pemilihan proses yang akan digunakan berdasarkan ketersediaan bahan baku berupa ZA, asam fosfat, asam sulfat, amoniak dan urea dari industri PT. Petrokimia Gresik, sedangkan untuk KCl dari Kanada.
2. Proses ini membutuhkan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan *nitrophosphate route* dan mampu mendapatkan kandungan P yang lebih tinggi sehingga lebih ekonomis dan prosesnya tidak kompleks.
3. Hasil sampling proses *mixed acid route* berupa *slurry* $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



II.3 Uraian Proses Terpilih

Proses pembuatan pupuk NPK yang digunakan adalah proses kompleks yang menggabungkan proses pencampuran (*mixing*) dan pereaksian (*reaction*). Secara umum proses pembuatan pupuk NPK terdiri atas pemrosesan bahan padat dan bahan cair yang kemudian akan disatukan di dalam sebuah alat yang disebut *granulator*.

Unit ini juga dilengkapi dengan proses penyerapan (*scrubbing*) yang tujuan utamanya adalah untuk mengurangi kadar unsur hara dan zat-zat berbahaya dari gas buang. Berikut urutan proses pembuatan pupuk NPK.

II.3.1 Deskripsi Proses Terpilih

1. Pengumpanan dan Pencampuran Bahan Baku Cair (Proses Netralisasi)

Bahan baku cair berupa NH_3 , H_2SO_4 , dan H_3PO_4 yang berasal dari tangki penampung (F-111; F-112; dan F-113) dan liquor dari *granulator scrubber* (D-118) dialirkan dengan pompa ke dalam *pre-neutralizer tank* (R-110). Di dalam tangki ini terjadi reaksi utama dimana, asam sulfat dan asam fosfat dinetralisasi dengan amoniak untuk menghasilkan ZA cair dan *monoammonium phosphate*. Amoniak yang digunakan adalah amoniak cair bersuhu -5°C dengan tekanan 11 atm, kemudian dipanaskan dengan *heat exchanger* (E-312) sampai $0-5^\circ\text{C}$. Proses netralisasi ini berlangsung di dalam *pre-neutralizer tank* (R-110) pada kondisi operasi temperatur $120-130^\circ\text{C}$, tekanan 1 atm, kecepatan putaran 56 rpm masing-masing membentuk *ammonium sulfat* (ZA cair) dan *monoammonium phosphate* (MAP) dengan ratio $\text{N/P} = 0,8-0,9$ dan $\text{N/S} = 1,6-1,8$.

2. Pengumpanan dan Pencampuran Bahan Baku Padat (Proses Granulasi)

Bahan baku padat berupa urea, ZA, dan KCl yang berasal dari *silo* (F-211; F-212; dan F-213) dikumpulkan ke dalam *belt*



conveyor (J-215) kemudian dimasukkan ke *bucket elevator* (J-216) yang selanjutnya akan dibawa ke *granulator* (S-210).

Untuk mencapai netralisasi sempurna, larutan dari *pre-neutralizer tank* (R-110) selanjutnya dipompakan ke dalam *granulator drum* (S-210) bersamaan dengan bahan baku padat dan *recycle* dan juga dialirkan NH_3 dari tangki penampung (F-111). Di dalam granulator terjadi reaksi pembentukan MAP dan DAP dengan kondisi operasi yaitu suhu 80-95 °C dan terjadi pembentukan granul dengan kadar air sebesar 2,0-3,0%.

Gas yang mengandung ammoniak dari *granulator* (S-210) akan masuk ke dalam *granulator scrubber* (D-118) untuk menyerap ammoniak yang terbawa dengan menggunakan campuran larutan H_2SO_4 dari tangki penampung (F-112).

3. Pengeringan Produk

Padatan yang keluar dari granulator diumpankan secara gravitasi ke dalam *dryer drum* (B-220) untuk memperoleh kadar air yang diinginkan yaitu 1-1,5 %. Pengeringan menggunakan udara panas sampai temperatur 100-120°C. Gas yang keluar dari *Rotary dryer* (B-220) masuk kedalam *cyclone* (H-313), debu yang tertangkap oleh *cyclone* (H-313) akan kembali ke *granulator* (S-210) melalui *belt conveyor* (J-215) sedangkan gas yang lolos akan masuk ke dalam *dryer scrubber* (D-314), untuk menyerap padatan yang terbawa oleh udara menggunakan air.

4. Pengayakan Produk

Produk kering dari *rotary dryer* (B-220) dikirim ke *screen* (H-225) melalui *bucket elevator* (J-223) untuk dipisahkan menjadi 3 jenis, yaitu *onsize*, *undersize* dan *oversize*. Produk *oversize* tertahan di *screen* (H-225) secara gravitasi masuk ke *crusher* (C-226) terlebih dulu sebelum masuk ke dalam *belt conveyor* (J-215) bersama dengan produk *undersize* yang jatuh dari sisi bawah *screen* untuk di-*recycle* lagi ke granulator (S-210). Produk *onsize* akan langsung masuk ke *rotary cooler* (B-



310) melalui *belt conveyor* (J-311) dan selanjutnya akan didinginkan.

5. Pendinginan Produk

Produk dengan ukuran *onsize* yang keluar dari *screen* (H-225) diumpankan secara gravitasi ke *rotary cooler* (B-310) yang berfungsi untuk menurunkan temperatur menjadi 55°C dengan menggunakan udara kering dingin yang berasal dari *heat exchanger* (E-312) yang sebelumnya digunakan untuk memanaskan amoniak dari suhu -5 °C menjadi 5 °C. Produk yang telah mengalami pendinginan selanjutnya masuk kedalam *coater drum* (X-320) melalui *belt conveyor* (J-322).

6. Pelapisan Produk

Pelapisan diperlukan terutama pada formulasi yang menggunakan urea, karena sifat higroskopis bahan baku yang dapat mempercepat proses *caking*, terutama jika terdapat variasi temperatur udara dan kadar air. *Coating agent* berupa *Talck Powder* yang berasal dari *coating powder bin* (F-323) diumpankan ke *coater drum* (X-320) melalui *screw conveyor* (J-324). *Coating oil* berupa SK-Fert berasal dari *coating oil tank* (F-325) yang dipompa ke dalam *coater drum* (X-320) menggunakan *coating oil pump* (L-326). Produk keluaran *coater drum* (X-320) dengan temperatur 55°C kemudian dipackaging di tempat pengemasan produk, lalu dikirim ke gudang penyimpanan menggunakan *belt conveyor* (J-327) dan produk siap untuk didistribusi.

7. *Strubbing System*

Scrubber pertama yaitu *Granulator Scrubber* (D-118), untuk mencuci gas dari *granulator* (S-210) dengan kandungan utamanya adalah amoniak. Media pencuci adalah asam sulfat dari tangki penyimpan (F-112). Semua larutan hasil pencucian dikumpulkan secara *gravity* di dasar *Granulator Scrubber*, yang sekaligus berfungsi sebagai tangki penampung.



Scrubber kedua yaitu *Dryer Scrubber* (D-314), untuk mencuci gas-gas yang masuk ke *cyclones* (H-313), dimana gas berasal dari *rotary dryer* (B-220) dan *rotary cooler* (B-310).

Scrubber ketiga yaitu *Tail Gas Scrubber* (D-315), yang mana semua gas dari *scrubber* pertama dan kedua akan dicuci lagi, untuk penyempurnaan panangkapan amoniak yang terlepas (sebagai polutan). Asam sulfat diinjeksikan ke *Tail Gas Scrubber* (D-315) untuk menangkap sisa amoniak, jumlah injeksi dikendalikan agar pH larutan tidak terlalu rendah.

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Produksi : 150000 ton pupuk NPK/tahun
 : 500 ton pupuk NPK/hari
 : 500000 kg pupuk NPK /hari
 Operasi : 300 hari /tahun, 24 jam/hari
 Satuan massa : kg
 Basis waktu : 1 hari

Dari perhitungan basis, untuk kapasitas 500 ton pupuk NPK /hari, dibutuhkan bahan baku yaitu :

Tabel III.1 Bahan Baku

| Bahan Baku | Massa |
|---|-----------|
| NH ₃ | 68784,11 |
| H ₂ SO ₄ | 72807,86 |
| H ₃ PO ₄ | 251832,50 |
| CO(NH ₂) ₂ | 29855,34 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 65135,57 |
| KCl | 131341,21 |
| Coatin Powder | 1100 |
| Coating Oil | 1200 |
| Jumlah | 622056,59 |

1. *Pre-Neutralizer Reactor (R-110)*

Tabel III.2 Neraca Massa *Pre-Neutralizer Reactor (R-110)*

| MASUK | | KELUAR | |
|-----------------------|----------|---|-----------|
| Aliran <3> dari F-111 | | Aliran <9> ke S-210 | |
| NH ₃ | 39316,71 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 95994,44 |
| H ₂ O | 197,57 | NH ₄ H ₂ PO ₄ | 118207,09 |
| | 39514,28 | H ₃ PO ₄ | 25183,25 |



| | | |
|--|------------------|------------------|
| Aliran <7> dari F-112 | H ₂ O | 127568,28 |
| H ₂ SO ₄ 64242,98 | | |
| H ₂ O 1284,86 | | |
| 64242,98 | | |
| Aliran <8> dari F-113 | | |
| H ₃ PO ₄ 125916,25 | | |
| H ₂ O 125916,25 | | |
| 251832,50 | | |
| Aliran <16> dari D-118 | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 11193,70 | | |
| H ₂ O 169,60 | | |
| 11363,30 | | |
| 366953,06 | | 366953,06 |

2. Granulator (S-210)

Tabel III.3 Neraca Massa Granulator (B-210)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|--|--|--|
| Aliran <9> dari R-110 | | Aliran <14> ke B-220 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 95994,44 | | (NH ₄) ₂ SO ₄ 201666,18 | |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ 118207,09 | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ 212354,71 | |
| H ₃ PO ₄ 25183,25 | | CO(NH ₂) ₂ 37194,39 | |
| H ₂ O 127568,28 | | KCl 162805,27 | |
| 366953,06 | | H ₂ O 131125,00 | |
| Aliran <2> dari F-111 | | 745145,55 | |
| NH ₃ 29123,49 | | Aliran <15> ke D118 | |
| H ₂ O 146,349 | | NH ₃ 2912,35 | |
| 29269,84 | | | |



| | | |
|--|-----------|------------------|
| Aliran <10> dari F-211 | | |
| CO(NH ₂) ₂ | 29706,07 | |
| H ₂ O | 149,28 | |
| | <hr/> | |
| | 29855,34 | |
| Aliran <11> dari F-212 | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 65070,43 | |
| H ₂ O | 65,14 | |
| | <hr/> | |
| | 65135,57 | |
| Aliran <12> dari F-213 | | |
| KCl | 130027,80 | |
| H ₂ O | 1313,41 | |
| | <hr/> | |
| | 131341,21 | |
| Aliran<22&23>dari H-225 | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 40601,32 | |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 42753,23 | |
| CO(NH ₂) ₂ | 7488,32 | |
| KCl | 32777,48 | |
| H ₂ O | 1882,54 | |
| | <hr/> | |
| | 125502,88 | |
| 748057,90 | | 748057,90 |



3. Rotary Dryer (B-220)

Tabel III.4 Neraca Massa *Rotary Dryer* (B-220)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-------------------|--|-------------------|
| Aliran <14> dari S-210 | | Aliran <20> ke H-225 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 201666,18 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 201464,52 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 212354,71 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 212142,35 |
| CO(NH ₂) ₂ | 37194,39 | CO(NH ₂) ₂ | 37157,19 |
| KCl | 162805,27 | KCl | 162642,47 |
| H ₂ O | 131125,00 | H ₂ O | 9341,22 |
| | 745145,55 | | 622747,75 |
| Aliran <18> dari E-222 | | Aliran <19> ke H-313 | |
| Udara kering | 1424238,11 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 201,67 |
| | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 212,35 |
| | | CO(NH ₂) ₂ | 37,19 |
| | | KCl | 162,81 |
| | | H ₂ O | 9,35 |
| | | Udara+uap air | 1546012,54 |
| | | | 1546635,91 |
| | 2169383,66 | | 2169383,66 |

4. Screen (H-225)

Tabel III.5 Neraca Massa *Screen* (H-225)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-----------|--|-----------|
| Aliran <20> dari B-220 | | Aliran <21> ke B-310 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 201464,52 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161171,61 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 212142,35 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169713,88 |
| CO(NH ₂) ₂ | 37157,19 | CO(NH ₂) ₂ | 29725,76 |
| KCl | 162642,47 | KCl | 130113,97 |
| H ₂ O | 9341,22 | H ₂ O | 7472,97 |
| | | | 498198,20 |



| | | |
|------------------|--|------------------|
| | Aliran <23> ke C-226 | |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 30219,68 |
| | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 31821,35 |
| | CO(NH ₂) ₂ | 5573,58 |
| | KCl | 24396,37 |
| | H ₂ O | 1401,18 |
| | | <hr/> |
| | | 93412,16 |
| | Aliran <22> ke J-215 | |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 10073,23 |
| | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 10607,12 |
| | CO(NH ₂) ₂ | 1857,86 |
| | KCl | 8132,12 |
| | H ₂ O | 467,06 |
| | | <hr/> |
| | | 31137,39 |
| 622747,75 | | 622747,75 |

5. Rotary Cooler (B-310)

Tabel III. 6 Neraca Massa Rotary Cooler (B-310)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-----------|--|-----------|
| Aliran <21> dari H-225 | | Aliran <26> ke X-320 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161171,61 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169713,88 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 |
| CO(NH ₂) ₂ | 29725,76 | CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 |
| KCl | 130113,97 | KCl | 129983,86 |
| H ₂ O | 7472,97 | H ₂ O | 7465,50 |
| | <hr/> | | <hr/> |
| | 498198,20 | | 497700,00 |
| Aliran <24> dari E-312 | | Aliran <25> ke H-313 | |
| Udara | 713732,03 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161,17 |



| | | |
|-------------------|--|-------------------|
| | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169,71 |
| | CO(NH ₂) ₂ | 29,73 |
| | KCl | 130,11 |
| | H ₂ O | 7,47 |
| | Udara | 713732,03 |
| | | 714230,22 |
| 1211930,22 | | 1211930,22 |

6. Coating Drum (X-320)

Tabel III. 7 Neraca Massa *Coating Drum* (X-320)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-----------|--|-----------|
| Aliran <26> dari B-310 | | Aliran <37> ke J-327 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 |
| CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 | CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 |
| KCl | 129983,86 | KCl | 129983,86 |
| H ₂ O | 7465,50 | H ₂ O | 7465,50 |
| | 497700,00 | C.Powder | 1100,00 |
| | | C.Oil | 1200,00 |
| Aliran <36> dari F-323 | | | 500000,00 |
| C.Powder | 1100 | | |
| Aliran <35> dari F-325 | | | |
| C.Oil | 1200 | | |
| 500000,00 | | 500000,00 | |

**7. Granulator Scrubber (D-118)****Tabel III. 8** Neraca Massa *Granulator Scrubber* (D-118)

| MASUK | KELUAR |
|--|--|
| Aliran <15> dari S-210 | Aliran <16> ke R110 |
| NH ₃ 2912,35 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 11193,70 |
| Aliran <6> dari F-112 | H ₂ O 169,60 |
| H ₂ SO ₄ 8310,47 | 11363,30 |
| H ₂ O 169,60 | Aliran <17> ke D-315 |
| 8480,07 | NH ₃ 29,12 |
| 11392,42 | 11392,42 |

8. Cyclone (H-313)**Tabel III. 9** Neraca Massa *Cyclone* (H-313)

| MASUK | KELUAR |
|---|---|
| Aliran <19> dari B-220 | Aliran <27> ke J-215 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 201,67 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 308,41 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ 212,35 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ 324,76 |
| CO(NH ₂) ₂ 37,19 | CO(NH ₂) ₂ 56,88 |
| KCl 162,81 | KCl 248,98 |
| H ₂ O 9,35 | H ₂ O 14,30 |
| Udara Dryer 1546012,54 | 953,33 |
| 1546635,91 | Aliran <28> ke D-314 |
| Aliran <25> dari B-310 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 54,43 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 161,17 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ 57,31 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ 169,71 | CO(NH ₂) ₂ 10,04 |
| CO(NH ₂) ₂ 29,73 | KCl 43,94 |
| KCl 130,11 | H ₂ O 2,52 |
| H ₂ O 7,47 | Udara Dryer 1546012,54 |



BAB III Neraca Massa

| | | | |
|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Udara Cooler | 713732,03 | Udara Cooler | 713732,03 |
| | 714230,22 | | 2259912,80 |
| | 2260866,13 | | 2260866,13 |

9. Dryer Scrubber (D-314)

Tabel III. 10 Neraca Massa Dryer Scrubber (D-314)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-------------------|--|-------------------|
| Aliran <28> dari H-313 | | Aliran <30> ke F-317 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,43 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,37 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,31 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,25 |
| CO(NH ₂) ₂ | 10,04 | CO(NH ₂) ₂ | 10,03 |
| KCl | 43,94 | KCl | 43,89 |
| H ₂ O | 2,52 | H ₂ O | 1516,67 |
| Udara Dryer | 1546012,54 | | 1682,21 |
| Udara Cooler | 713732,03 | Aliran <31> ke D-315 | |
| | 2259912,80 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,05 |
| Aliran <29> dari WP | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 |
| Air | 1514,14 | CO(NH ₂) ₂ | 0,01 |
| | | KCl | 0,04 |
| | | H ₂ O | 0,00 |
| | | Udara Dryer | 1546012,54 |
| | | Udara Cooler | 713732,03 |
| | | | 2259744,73 |
| | 2261426,94 | | 2261426,94 |



10. Tail Gas Scrubber (D-315)

Tabel III. 11 Neraca Massa *Tail Gas Scrubber* (D-315)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-------------------|--|-------------------|
| Aliran <17> dari D-118 | | Aliran <32> ke F-317 | |
| NH ₃ | 29,12 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 111,99 |
| Aliran <31> dari D-314 | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,05 | CO(NH ₂) ₂ | 0,01 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 | KCl | 0,04 |
| CO(NH ₂) ₂ | 0,01 | H ₂ O | 1,70 |
| KCl | 0,04 | | 113,80 |
| H ₂ O | 0,00 | Aliran <33> ke Udara | |
| Udara Dryer | 1546012,54 | NH ₃ | 0,29 |
| Udara Cooler | 713732,03 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,00 |
| | 2259744,73 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,00 |
| Aliran <5> dari F-112 | | CO(NH ₂) ₂ | 0,00 |
| H ₂ SO ₄ | 83,10 | KCl | 0,00 |
| H ₂ O | 1,70 | H ₂ O | 0,00 |
| | 84,80 | Udara Dryer | 1546012,54 |
| | | Udara Cooler | 713732,03 |
| | | | 2259744,86 |
| | 2259858,65 | | 2259858,65 |

**11. Belt Conveyor (J-215)****Tabel III. 12** Neraca Massa *Belt Conveyor (J-215)*

| MASUK | | KELUAR | |
|--|------------------|--|------------------|
| Aliran <10> dari F-211 | | Aliran <13> ke S-210 | |
| CO(NH ₂) ₂ | 29706,07 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 105671,75 |
| H ₂ O | 149,28 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 42753,23 |
| | 29855,34 | CO(NH ₂) ₂ | 37194,39 |
| Aliran <11> dari F-212 | | KCl | 108512,49 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 65070,43 | H ₂ O | 3410,37 |
| H ₂ O | 65,14 | | |
| | 65135,57 | | |
| Aliran <12> dari F-213 | | | |
| KCl | 130027,80 | | |
| H ₂ O | 1313,41 | | |
| | 131341,21 | | |
| Aliran <22&23> dari J-215 | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 40601,32 | | |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 42753,23 | | |
| CO(NH ₂) ₂ | 7488,32 | | |
| KCl | 32777,48 | | |
| H ₂ O | 1882,54 | | |
| | 125502,88 | | |
| | 351835,01 | | 351835,01 |

**12. Seal Tank (F-317)****Tabel III. 13** Neraca Massa *Seal Tank* (F-317)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|---------|--|---------|
| Aliran <30> dari D-314 | | Aliran <34> ke WWTP | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,37 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 166,36 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,25 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,31 |
| CO(NH ₂) ₂ | 10,03 | CO(NH ₂) ₂ | 10,04 |
| KCl | 43,89 | KCl | 43,94 |
| H ₂ O | 1516,67 | H ₂ O | 1518,36 |
| | 1682,21 | | |
| Aliran <32> dari D-315 | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 111,99 | | |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 | | |
| CO(NH ₂) ₂ | 0,01 | | |
| KCl | 0,04 | | |
| H ₂ O | 1,70 | | |
| | 113,80 | | |
| 1796,01 | | 1796,01 | |

BAB IV NERACA PANAS

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Kapasitas | = 150.000 ton Pupuk NPK/tahun |
| | = 500 ton/hari |
| | = 500000 kg/hari |
| Waktu Operasi | = 300 hari/tahun |
| | = 24 jam/hari |
| Satuan Panas | = Kkal |
| Suhu (T) <i>Reference</i> | = 25 °C |
| Basis waktu | = 1 hari |

I.1 *Pre-Neutralizer (R-110)*

Tabel B.1 Neraca Panas Total *Pre-Neutralizer (R-110)*

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| ΔH_3 | -868912,52 | ΔH_9 | 20797337,44 |
| ΔH_8 | 899274,95 | ΔH_{rx} | -23959681,67 |
| ΔH_7 | 132330,07 | Qserap | 3658149 |
| ΔH_{16} | 333111,87 | | |
| Total | 495804,38 | | 495804,38 |



I.2 Granulator (S-210)

Tabel B.2 Neraca Panas Total Granulator (S-210)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ΔH_2 | -643638,90 | ΔH_{14} | 18034313,56 |
| ΔH_9 | 20797337,44 | ΔH_{15} | 64071,67 |
| ΔH_{10} | 48274,87 | ΔH_{rx} | -22848054 |
| ΔH_{11} | 133719,54 | Q serap | 26461596,3 |
| ΔH_{12} | 130082,77 | | |
| ΔH_{13} | 1246152,02 | | |
| Total | 21711928 | | 21711928 |

I.3 Rotary Dryer (B-220)

Tabel B.3 Neraca Panas Total Rotary Dryer (B-220)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{14} | 93668315,2 | ΔH_{20} | 110105595,8 |
| Aliran Udara | 132454903,7 | Aliran Udara | 116017623,1 |
| Total | 226123218,9 | | 226123218,9 |

I.4 Rotary Cooler (B-310)

Tabel B.4 Neraca Panas Total Rotary Cooler (B-310)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{21} | 10717946,2 | ΔH_{26} | 4941797,69 |
| | | ΔH_{25} | 5625,16 |
| Aliran Udara | 349728,69 | Aliran Udara | 6120252,12 |
| Total | 11067674,96 | | 11067674,96 |

**I.5 Coater Drum (X-320)****Tabel B.5** Neraca Panas Total *Coater Drum* (X-320)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{26} | 4941797,69 | ΔH_{37} | 10203797,69 |
| ΔH_{36} | 484000 | Q loss | 38381,44 |
| ΔH_{35} | 3537000,00 | | |
| Q supply | 1279381,44 | | |
| Total | 10242179,13 | | 10242179,13 |

I.6 Cooler (E-312)**Tabel B.6** Neraca Panas Total *Cooler* (E-312)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| ΔH | 1370365,49 | ΔH | 342591,37 |
| | | Q _{serap} | 1027774,12 |
| Total | 1370365,49 | | 1370365,49 |

I.7 Granulator Scrubber (D-118)**Tabel B.7** Neraca Panas Total *Granulator Scrubber* (D-118)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| ΔH_6 | 17135,15 | ΔH_{16} | 326482,84 |
| ΔH_{15} | 64071,669 | ΔH_{17} | 640,72 |
| | | ΔH_{rx} | 68759,70 |
| | | Q _{serap} | -314676,44 |
| Total | 81206,82 | | 81206,82 |



I.8 Dryer Scrubber (D-314)

Tabel B.8 Neraca Panas Total *Dryer Scrubber* (D-314)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{28} | 16271789 | ΔH_{30} | 31346,04 |
| ΔH_{29} | 7558,368 | ΔH_{31} | 8135081,23 |
| | | Qserap | 8112920 |
| Total | 16279347,42 | | 16279347,42 |

I.9 Tail Gas Scrubber (D-315)

Tabel B.9 Neraca Panas Total *Tail Gas Scrubber* (D-315)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| ΔH_{31} | 8135081,23 | ΔH_{32} | 952,80 |
| ΔH_{17} | 640,717 | ΔH_{33} | 13558467,41 |
| ΔH_5 | 171,352 | ΔH_{rx} | 687,60 |
| | | Qserap | -5424214,50 |
| Total | 8135893,30 | | 8135893,30 |

I.10 Cyclone (H-313)

Tabel B.10 Neraca Panas Total *Cyclone* (H-313)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| ΔH_{19} | 928020,02 | ΔH_{27} | 270,36 |
| ΔH_{25} | 214284,443 | ΔH_{28} | 581124,89 |
| | | Qloss | 560909,22 |
| Total | 1142304,47 | | 1142304,47 |

**I.11 Heater (E-222)****Tabel B.11** Neraca Panas Total *Heater* (E-222)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{18} | 2791506,69 | ΔH_{18} | 29659758,58 |
| Q_{supply} | 28282370,41 | Q_{loss} | 1414118,52 |
| Total | 31073877,10 | | 31073877,10 |

BAB V

SPESIFIKASI ALAT

| | |
|--------------------|-------------------------------|
| Kapasitas Produksi | = 150.000 ton/tahun |
| Waktu Operasi | = 24 jam/hari; 300 hari/tahun |
| Satuan massa | = kilogram |
| Satuan Panas | = kilokalori |

1. Silo $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Spesifikasi:

| | |
|----------------------------|--|
| Kode Alat | : F-213 |
| Fungsi | : Menyimpan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ |
| Tipe Tangki | : <i>Cylindrical - Flat Roof - Conical Bottom Tank</i> |
| Jumlah Tangki | : 1 (Satu) |
| Bahan Konstruksi | : Carbon Steel SA-283 Grade C |
| Kapasitas Tangki | : 53194 ft ³ |
| Tinggi Tangki | : 88,27 ft |
| Diameter Tangki | : 30,94 ft |
| Tebal <i>shell</i> | : 1/4 in |
| Tinggi <i>head conical</i> | : 26,38 ft |
| Tebal <i>head conical</i> | : 3/4 in |
| Tebal <i>head flat</i> | : 1/4 in |

2. Tangki H_3PO_4

Spesifikasi:

| | |
|------------------|--|
| Kode Alat | : F-112 |
| Fungsi | : Menyimpan H_3PO_4 |
| Tipe Tangki | : <i>Cylindrical - Conical Roof – Flat Bottom Tank</i> |
| Jumlah Tangki | : 1 (Satu) |
| Bahan Konstruksi | : Carbon Steel SA-212 Grade A |
| Kapasitas Tangki | : 205783 ft ³ |
| Tinggi Tangki | : 64 ft |
| Diameter Tangki | : 64 ft |



BAB V Spesifikasi Alat

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| Tebal <i>Shell</i> per <i>Course</i> | : |
| <i>Course</i> 1 | : 1 11/16 in |
| <i>Course</i> 2 | : 1 8/16 in |
| <i>Course</i> 3 | : 1 5/16 in |
| <i>Course</i> 4 | : 1 2/16 in |
| <i>Course</i> 5 | : 15/16 in |
| <i>Course</i> 6 | : 12/16 in |
| <i>Course</i> 7 | : 8/16 in |
| <i>Course</i> 8 | : 5/16 in |
| Tinggi <i>Head</i> Tangki | : 18,48 ft |
| Tebal <i>Head</i> Tangki | : 1/2 in |

3. Tangki NH_3

Spesifikasi:

| | |
|--------------------------|--|
| Kode Alat | : F-211 |
| Fungsi | : Menyimpan NH_3 |
| Tipe Tangki | : <i>Cylindrical-Torispherical Roof-Torispherical Bottom</i> |
| Bahan Konstruksi | : Carbon Steel SA-283 Grade C |
| Tekanan Operasi | : 11 atm |
| Tekanan Desain | : 12,34 atm |
| Kapasitas Tangki | : 88950 ft^3 |
| Tinggi Tangki | : 68,36 ft |
| Diameter Tangki | |
| Diameter dalam | : 19, 6 ft |
| Diameter luar | : 19,9 ft |
| Tebal <i>Shell</i> | : 2 in |
| Tinggi <i>Shell</i> | : 4,80 ft |
| Tebal <i>Head</i> Tangki | : 2 3/4 in |

4. Pompa H_3PO_4

| | |
|-----------|---|
| Kode Alat | : L-115 |
| Fungsi | : Memompa asam fosfat dari tangki penyimpanan menuju <i>pre-neutralizer</i> reaktor |



| | |
|-------------|--|
| Tipe | : <i>Centrifugal Pump</i> |
| Kapasitas | : 0,09 ft ³ /s |
| Power pompa | : 0,8 hp |
| Ukuran pipa | |
| D nominal | : 3,0 in |
| ID | : 2,9 in |
| OD | : 3,5 in |
| Schedule No | : 80 |
| Bahan | : High Alloy Steel SA-240 Grade M Tipe: 316 |
| Power motor | : 1,5 hp |

5. Blower Heat Exchanger

| | |
|-----------|--|
| Kode Alat | : G-221B |
| Fungsi | : Menghembuskan udara ke <i>heat exchanger</i> (E-312) |
| Jumlah | : 1 (Satu) |
| Tipe | : <i>Centrifugal fan Tipe Backward-Curved</i> |
| Kapasitas | : 8,26 kg/s |
| Power | : 210 hp |

6. Cyclone

| | |
|------------------|---|
| Kode Alat | : H-313 |
| Fungsi | : Menangkap padatan yang terikut oleh udara dari <i>Rotary Dryer</i> dan <i>Rotary Cooler</i> |
| Jumlah | : 1 (Satu) |
| Bahan Konstruksi | : Carbon Steel SA-283 Grade C |
| Rate Volumetrik | : 98381,566 kg/jam |
| Dimensi Cyclone | |
| Bc | : 0,927 meter |
| Dc | : 3,707 meter |
| De | : 1,854 meter |
| Hc | : 1,854 meter |



BAB V Spesifikasi Alat

| | |
|----|---------------|
| Lc | : 7,414 meter |
| Sc | : 0,463 meter |
| Zc | : 7,414 meter |
| Jc | : 0,927 meter |

7. Pre Neutralizer Reactor

| | |
|--------------------|--|
| Kode Alat | : R-110 |
| Fungsi | : Mereaksikan NH_3 dengan H_2SO_4 dan H_3PO_4 |
| Tipe Reaktor | : <i>Cylindrical - Torispherical Roof - Torispherical Bottom</i> |
| Jumlah | : 1 (Satu) |
| Tekana Operasi | : 1 atm |
| Tekanan Desain | : 1,2 atm |
| Kapasitas Tangki | : 478,67 ft^3 |
| Tinggi Tangki | : 16,16 ft |
| Diameter Tangki | |
| Diameter dalam | : 6,73 ft |
| Diameter luar | : 6,80 ft |
| Tebal shell | : 5/16 in |
| Tinggi head tangki | : 1,35 ft |
| Tebal head tangki | : 1/4 in |
| Diameter jaket | |
| Diameter dalam | : 8,12 ft |
| Diameter luar | : 9,31 ft |
| Tebal jaket | : 1/2 in |

8. SCREEN (H-225)

Fungsi : Untuk memisahkan ukuran produk NPK antara *undersize*, *onsize*, dan *oversize*

Kondisi operasi

| | |
|------------|---------------------|
| Temperatur | : 90 °C |
| Rate massa | : 622747,74 kg/hari |
| | : 622,74 ton/hari |
| | : 25,94 ton/jam |

**Spesifikasi Screen :**

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| Tipe | : <i>Double Deck Vibrating Screen</i> |
| Kapasitas | : 25,94 ton/jam |
| Luas (A) | |
| 4 mesh | : 1,84 ft ² |
| 10 mesh | : 5,82 ft ² |
| Jumlah | : 1 buah |

9. CHAIN CRUSHER (C-226)

Fungsi : Untuk menghancurkan ukuran produk NPK yang
oversize

| | |
|-----------------|------------------------|
| Tipe | : <i>chain crusher</i> |
| Kondisi operasi | |
| Temperatur | : 90 °C |
| Rate massa | : 93412,162 kg/hari |
| | : 3892,17 ton/hari |
| | : 3,89 ton/jam |

Spesifikasi chain crusher

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| Tipe | : <i>Double rotor chain crusher</i> |
| Kapasitas | : 3,89 ton/jam |
| Panjang | : 1100 mm |
| | : 1,1 m |
| Lebar | : 700 mm |
| | : 0,7 m |
| Tinggi | : 800 mm |
| | : 0,8 m |
| Kecepatan rotor | : 1500 rpm |
| Power | : 22 Kw |
| | : 30 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

10. Belt conveyor (J - 215)

| | |
|--------|---|
| Fungsi | : Menampung <i>recycle</i> dan bahan baku untuk dikembalikan ke granulator |
| Tipe | : <i>Troughed Antifriction Idlers</i> |



Bahan : *Malleable cast iron*

Kondisi operasi

Temperatur : 55 °C

Rate massa : 351835,01 kg/jam

: 351,84 ton/jam

Dari tabel 21-7 Perry's 7th ed. Page 21-11

Kapasitas max : 392 ton/jam

Lebar belt : 24 in

Kecepatan belt normal : 300 ft/menit

Kecepatan belt maksimal : 400 ft/menit

Luas beban : 0,33 ft²

Power : 4,08 hp/10 ft

Jumlah : 1 buah

11. *Bucket Elevator (J - 223)*

Fungsi : mengangkat produk dari *dryer* menuju *screen*

Tipe : *Centrifugal-discharge spaced buckets*

Bahan : *Steel SA 167 Grade Tipe 321*

Kondisi operasi

Temperatur : 55 °C

Rate massa : 745145,55 kg/hari

: 31047,73 kg/jam

: 31,04 ton/jam

Berdasarkan Perry's Chemical Engineering Table 21-8, page 21-15,

Maka spesifikasi *bucket elevator* :

Ukuran *bucket elevator* : *width x projection x depth*

: 10 x 6 x 6 1/4

Bucket spacing : 16 in

Putaran *head shaft* : 43 rpm

Kecepatan : 225 ft/menit

Lebar *belt* : 11 in

Tinggi *elevator* : 25 ft

Power poros : 3 hp

Rasio penambahan hp/ft : 0,063 hp/ ft



| | |
|----------------------|--------------|
| | : 0,063 x 25 |
| | : 1,575 hp |
| Power Total | : 3 – 1,575 |
| | : 1,4 hp |
| Efisiensi | : 80% |
| Power yang digunakan | : 1,4 / 0,8 |
| | : 1,8 hp |

12. *Screw Conveyor (J-324)*

| | |
|------------|---|
| Fungsi | : Memindahkan <i>coating powder</i> dari tangki penampung menuju <i>coater drum</i> |
| Tipe | : <i>Pipe-mounted Sectional Spiral Flights</i> |
| Rate massa | : 1100 kg/jam |
| | : 1,10 ton/jam |

Berdasarkan Perry's Chemical Engineering Table 21-6, page 21-8

| | |
|----------------------------|-------------|
| Kapasitas max | : 5 ton/jam |
| <i>Diameter of flights</i> | : 9 in |
| <i>Diameter of pipe</i> | : 2 in |
| <i>Diameter of shaft</i> | : 2 in |
| Speed | : 40 rpm |
| Length | : 75 ft |
| Power | : 2,11 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

13. *ROTARY DRYER (B-220)*

| | |
|-----------------|--|
| Fungsi | : Untuk mengeringkan <i>granule NPK</i> dengan udara panas secara kontinyu dengan aliran <i>co current</i> |
| Tipe | : <i>Rotary Drum</i> |
| Kapasitas | : 31.047,731 kg/jam |
| Diameter | : 6 m |
| Panjang | : 53 m |
| Tebal Shell | : 0,35 in |
| Kecepatan Putar | : 2,31 rpm |



| | |
|----------------|---------------|
| Sudut Rotary | : 45 ° |
| Time of passes | : 57,11 menit |
| Jumlah flight | : 48 buah |
| Power | : 206, 35 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

14. ROTARY COOLER (B-310)

| | |
|-----------------|--|
| Fungsi | : Untuk menurunkan suhu <i>granule</i> NPK dengan udara dingin secara kontinyu dengan aliran <i>co current</i> |
| <i>Tipe</i> | : <i>Rotary Drum</i> |
| Kapasitas | : 20.758,258 kg/jam |
| Diameter | : 5 m |
| Panjang | : 34 m |
| Tebal Shell | : 0,28 in |
| Kecepatan Putar | : 3,27 rpm |
| Sudut Rotary | : 35 ° |
| Time of passes | : 31,45 menit |
| Jumlah flight | : 35 buah |
| Power | : 134,55 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

15. Granulator (S-210)

| | |
|-----------------------|--|
| Fungsi | : Mengubah ukuran dan bentuk pupuk NPK menjadi butiran granul |
| <i>Tipe</i> | : <i>Rotary Drum</i> |
| Bahan | : <i>Carbon Steel SA-283 C</i> |
| Laju Alir Massa Masuk | = 748.057,90 kg/hari = 748,058 ton/hari |
| Kapasitas | = 110 % x 748,058 ton/hari = 822,864 ton/hari = 34,286 ton/jam |



**Berdasarkan laju massa ton/jam, dari Tabel 20-43
*Perry Chemical Engineering page 20-75***

Kapasitas : 40 ton/jam
Diameter : 8 ft
Panjang : 16 ft
Power : 75 hp
Kecepatan Putar : 20 -14 rpm
Jumlah : 1 buah

16. Coater Drum (X-320)

Fungsi : Melapisi produk NPK dengan *coating oil* dan *coating powder* agar tidak terjadi *caking*.

Tipe : *Rotary Drum*

Kapasitas : 20,833 ton/jam

Bahan : *Carbon Steel SA-283 C*

Berdasarkan laju massa ton/jam, dari Tabel 20-43 *Perry Chemical Engineering page 20-75*

Kapasitas : 25 ton/jam
Diameter : 8 ft
Panjang : 14 ft
Power : 60 hp
Kecepatan Putar : 20 -14 rpm
Jumlah : 1 buah

17. Scrubber (D-314)

Fungsi : Memisahkan antara padatan terikut dari gas keluaran *rotary dryer* (B-230) dan *Rotary cooler* (B-310)

Tipe : *Venturi scrubber*

Kapasitas : 0,9603 ft³/detik

Luas throat : 0,00749 ft²

Diameter droplet : 128,06 μ m

Bahan : *Cast iron*

Jumlah : 1 buah

**18. Cooler (E-312)**

Fungsi : Mendinginkan suhu udara sebelum masuk cooler

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A

Luas area : 213,574 ft²

Temperatur :

T₁ : 23

T₂ : 41

t₁ : 91,4

t₂ : 80,6

Tube

OD,BWG : ¾ in, 16 BWG

ID : 12 in

Length : 16 ft

Jumlah tube : 68

Pitch : 1 in square

Δ*P tube* : 1,1 psi

Shell

Δ*P shell* : 5,578 psi

Fouling Factor : 0,0371

Jumlah : 1 buah

19. Heater (E-222)

Fungsi : Menaikkan suhu udara dari 33°C sampai 110°C sebelum masuk *dryer*

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Bahan : *Carbon steel SA-238 Grade D*

Luas area : 2255,09 ft²

Temperatur

T₁ : 320

T₂ : 320

t₁ : 86

t₂ : 230



| | |
|-----------------------|----------------|
| <i>Tube</i> | |
| OD,BWG | : ¾ in, 16 BWG |
| ID | : 33 in |
| <i>Length</i> | : 16 ft |
| <i>Jumlah tube</i> | : 718 |
| <i>Pitch</i> | : 1 in square |
| ΔP tube | : 0,00001 psi |
| <i>Shell</i> | |
| ΔP shell | : 8,890 psi |
| <i>Fouling Factor</i> | : 0,0011 |
| <i>Jumlah</i> | : 1 buah |

BAB VI UTILITAS

Utility yang memiliki arti didalam bahasa inggris adalah keperluan/kebutuhan, didalam proses industri/pabrik utility memiliki peran yang sangat vital bagi berjalannya proses produksi guna menunjang/memenuhi agar suatu proses produksi dapat berjalan dengan lancar dengan standar yang telah ditentukan. Sarana utilitas dalam pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan proses *mixed acid route* ini antara lain:

1. Air

Kebutuhan air pada pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan proses *mixed acid route* ini bersumber dari air sungai yang terlebih dahulu dilakukan treatment atau pengolahan. Air ini digunakan sebagai air sanitasi, air pendingin, air proses dan air umpan boiler untuk penghasil steam.

2. Steam

Steam dihasilkan dari unit boiler dan digunakan untuk proses produksi sebagai pemanas.

3. Bahan bakar

Bahan bakar diperlukan pada unit boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar solar.

4. Listrik

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari berbagai peralatan proses maupun untuk penerangan.

VII AIR

Dalam suatu industri air digunakan untuk bermacam-macam keperluan. Adapun kegunaan air dalam pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan proses *mixed acid route* ini adalah:

1. Untuk air sanitasi

Air sanitasi didalam suatu pabrik biasanya digunakan untuk keperluan minum, masak, cuci, mandi, dan sebagainya. Untuk air



sanitasi harus memenuhi syarat kualitas yang ditentukan sebagai berikut:

- Syarat fisik:
 - Suhu di bawah suhu udara
 - Warna jernih
 - Tidak berasa
 - Kekeruhan = 1 mg SiO₃/lt
- Syarat kimia:
 - pH = 6,5 – 8,5
 - Tidak mengandung zat terlarut berupa zat organik dan zat anorganik
 - Tidak mengandung zat-zat beracun
 - Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, Hg
- Syarat Biologi:
 - Tidak mengandung kuman dan bakteri, terutama bakteri patogen
 - Bakteri *Echerichia Coli* kurang dari 1/100 ml.

2. Untuk air umpan boiler

Air umpan boiler adalah air yang akan menjadi fase uap di dalam boiler, dimana telah mengalami perlakuan khusus antara lain penjernihan dan pelunakan, walaupun air terlihat bening atau jernih, namun pada umumnya masih mengandung larutan garam dan asam yang dapat merusak peralatan boiler. Ada

a. Zat-zat yang menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air umpan boiler yang mengandung larutan asam, seperti NH₃

b. Zat-zat yang menyebabkan kerak

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu yang tinggi. Kesadahan dapat disebabkan adanya garam-garam karbonat dan silica.

Air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:



- pH = 8,5 – 9,5
- Hardness = 1 ppm sebagai CaCO_3
- O_2 terlarut = 0,02 ppm
- CO_2 terlarut = 25 ppm
- Fe^{3+} = 0,05 ppm
- Ca^{2+} = 0,01 ppm
- SiO_2 = 0,1 ppm
- Cl_2 = 4,2 ppm

Sebelum dari unit pengolahan, air ini digunakan sebagai air umpan boiler, yang terlebih dahulu dilakukan pelunakan air. Tujuannya adalah untuk menghilangkan ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang dapat menyebabkan pembentukan kerak. Kerak akan menghalangi proses perpindahan panas sehingga menyebabkan over-heating yang memusat dan dapat menyebabkan pecahnya pipa.

PROSES PENGOLAHAN AIR

Beberapa tahapan pengolahan air di pabrik pupuk NPK, diantaranya:

1. Pengolahan secara fisika

Pengolahan secara fisika dilakukan dengan cara penyaringan kotoran yang terikut. Air dipompa dari sungai, yang sebelumnya difilter untuk mengurangi kotoran yang terapung seperti sampah plastik, dan lain-lain. Setelah itu dimasukkan dalam bak skimming, sehingga kotoran-kotoran seperti pasir akan mengendap, sedangkan air secara overflow dari *skimming* dialirkan ke bak koagulasi dan flokulasi.

2. Pengolahan secara kimia

Dilakukan untuk memisahkan kontaminan yang terlarut dengan cara penambahan koagulan. Dalam bak koagulasi ditambahkan bahan kimia yaitu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. H_2O / tawas dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan dosis yang disesuaikan dengan kekeruhan air sungai. Penambahan bahan yang tersuspensi dalam air misalnya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang bertujuan untuk membentuk koagulan serta



mengurangi hardness. Pada bak koagulasi dilengkapi dengan pengadukan cepat (80-100 rpm) selama 1-5 menit, pengadukan cepat agar air dapat bercampur dengan koagulan hingga merata. Kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat untuk memperbesar flok-flok sehingga menjadi lebih berat dan lebih cepat mengendap ke bagian bawah. Pengadukan lambat (5-8 rpm) selama 20-40 menit pada bak flokulasi.

Dari bak flokulator air secara overflow menuju ke *clarifier* untuk dilakukan proses sedimentasi. Setelah dilakukan pengendapan pada *clarifier* kemudian air dipompa untuk ditampung pada bak penampungan. Air jernih yang dihasilkan pada bak penampungan kemudian dipompa menuju ke dalam sand filter untuk menangkap partikel-partikel kecil yang melayang dalam air yang tidak terendapkan dengan sistem pressure. Pada sistem ini, air yang disaring dilewatkan melalui bagian atas tangki. Partikel tersebut akan tertahan oleh butiran pasir dan kerikil, air yang lolos merupakan air yang jernih dan bersih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih. Dari bak penampung air bersih kemudian dipompa ke bak distribusi untuk mendistribusikan ke masing-masing unit.

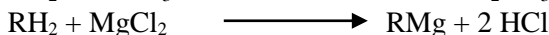
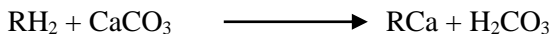
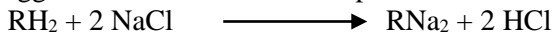
Untuk mendapatkan air sanitasi dari bak air bersih kemudian ditambahkan desinfektan (kaporit/ $\text{Ca}(\text{OCl})_2$) untuk membunuh kuman-kuman dan bakteri yang merugikan selanjutnya dipompa dan ditampung dalam bak air sanitasi. Air sanitasi dipompa dan dapat digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, masak, mandi, mencuci, taman dan sebagainya.

Untuk air pendingin dan air proses, air dari bak air bersih dipompa menuju masing-masing bak air pendingin dan bak air proses.

Untuk mendapatkan air umpan boiler, air bersih sebelum digunakan memerlukan tambahan pengolahan air. Pelunakan air umpan boiler dilakukan dengan menggunakan ion exchanger untuk menghilangkan kesadahan yang terkandung dalam air. Mula-mula air bersih dari bak penampungan air bersih dipompa kemudian dilewatkan pada kation exchanger untuk penyaringan



ion-ion (+) dimana ion-ion yang dapat menyebabkan terjadinya kerak pada sistem perpipaan terutama pada peralatan pabrik dengan menggunakan resin RH_2 . Reaksi pada Kation Exchanger :



Setelah dari kation exchanger, air bersih dipompa kemudian dilewatkan pada anion exchanger. Unit ini berfungsi untuk mengikat ion – ion negatif yang terkandung di dalam air dengan menggunakan resin $R(OH)_2$, serta menghilangkan kandungan asam yang terkandung pada air yang dapat menyebabkan korosi pada peralatan. Reaksi pada Anion Exchanger:



Air yang keluar dari Anion Exchanger kemudian didistribusikan ke bak air umpan boiler yang bebas dari ion-ion kesadahan yang mengganggu.

VI.2 Unit Penyedia Steam

Steam mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang proses produksi. Steam digunakan sebagai media pemanas. Steam yang digunakan dalam pabrik ini *saturated steam*. Sarana perlengkapan pada unit penyediaan steam antara lain, pompa BFW (Boiler Feed Water), dearator, demin water, pompa injeksi chemical, dan steam header.

Air boiler yang diumpankan ke dalam boiler harus memenuhi spesifikasi tertentu. Parameter yang harus diawasi dari analisa air boiler sebagai berikut:

Tabel VI.1 Rekomendasi Batas Air Umpan (IS 10392, 1982)

| Faktor | Hingga 20 kg/cm ² | 21-29 kg/cm ² | 40-59 kg/cm ² |
|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Total besi (maks.) ppm | 0,05 | 0,02 | 0,01 |
| Total tembaga | 0,01 | 0,01 | 0,01 |



| | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| (maks.) ppm | | | |
| Total silika (maks.) ppm | 1,0 | 0,3 | 0,1 |
| Oksigen (maks.) ppm | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| Residu hidrasi ppm | - | - | 0,02-0,04 |
| pH pada 25°C | 8,8 – 9,2 | 8,8 – 9,2 | 8,8 – 9,2 |
| Kesadahan, ppm | 1,0 | 0,5 | - |

Tabel VI.2 Rekomendasi Batas Air Boiler (IS 10392, 1982)

| Faktor | Hingga 20 kg/cm ² | 21-29 kg/cm ² | 40-59 kg/cm ² |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| TDS, ppm | 3000-3500 | 1500 – 2500 | 500 – 1500 |
| Total padatan besi terlarut, ppm | 500 | 200 | 150 |
| Konduktivitas listrik spesifik pada 25°C (mho) | 1000 | 400 | 300 |
| Residu fosfat, ppm | 20-40 | 20-40 | 15-25 |
| pH pada 25°C | 10-10,5 | 10-10,5 | 9.8-10,2 |
| Silika (maks.), ppm | 25 | 15 | 10 |

Proses produksi steam pada unit penyediaan steam yaitu air demin dipompa ke deaerator, untuk menghilangkan oksigennya dengan cara stripping menggunakan steam dan penginjeksi chemical hydrazine ke dalam deaerator. Selanjutnya dipompa masuk ke dalam drum atas boiler. Phosphat dan amine diinjeksikan kedalam drum atas boiler. Air didalam tube boiler (tipe pipa air) dipanasi, sehingga terbentuklah steam/uap. Uap yang terbentuk ditampung di header, kemudian didistribusikan ke konsumen sesuai kebutuhan.

Karakteristik steam yang dihasilkan termasuk steam bertekanan rendah. Produk steam berupa saturated steam bertekanan 2 kg/cm² dan temperatur 120°C.



VI.3 Unit Penyediaan Bahan Bakar

1. Bahan bakar yang digunakan untuk generator
 - Jenis bahan bakar: solar
 - *Heating value*: 19.448 BTU/lb
 - Efisiensi bahan bakar: 80%
 - *Specific gravity*: 0,8691
2. Bahan bakar yang digunakan untuk boiler - Jenis bahan bakar: solar
 - *Heating value*: 19.448 BTU/lb
 - Densitas: 0,8691 kg/m³

VI.4 Unit Penyedia Listrik

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari berbagai peralatan proses maupun untuk penerangan. Kebutuhan listrik di pabrik pupuk NPK ini diperoleh dari dua sumber, yaitu:

- a. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), digunakan untuk cadangan jika listrik padam atau apabila daya dari PLN tidak mencukupi. Daya yang dihasilkan dari PLTD ini sebesar 250 kVA, 50 Hz.
- b. Perusahaan Listrik Negara (PLN), merupakan sumber listrik utama dari pabrik pupuk NPK ini. Daya yang diperoleh dari PLN sebesar 2,8 kVA dimana pemakaiannya diturunkan 380 Volt dengan menggunakan trafo step down.

VI.5 PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR

a. Air Sanitasi

Menurut Metcalf et. Al (1991) kebutuhan air domestik untuk tiap orang adalah 40-100 liter per hari, untuk keperluan sanitasi diperlukan 0,1 m³/hari untuk setiap karyawan (diambil 100 liter per hari).

$$\begin{aligned}\text{Untuk 300 Orang karyawan} &= 30 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,25 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Asumsi kebutuhan air sanitasi pada laboratorium dan taman pabrik sekitar 20% dari kebutuhan air sanitasi karyawan.



$$\begin{aligned}
 \text{Maka} &= 0,2 \times 1,25 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,25 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Sehingga kebutuhan air sanitasi keseluruhan} &= 1,25 + 0,25 \\
 &= 1,50 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 36 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

b. Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan proses *mixed acid route* digunakan untuk pembuatan steam yang digunakan untuk reaktor (R-110) dengan jumlah sebesar 244365,304 kg/hari

$$\text{Densitas air pada suhu } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3 \text{ (Geankoplis, 2003)}$$

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = \frac{244365,304 \text{ kg/hari}}{995,68}$$

$$= 245,43 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 10,23 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kebutuhan air make up} = 10\% \times \text{kebutuhan air pendingin}$$

$$= 10\% \times 245,43 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 24,54 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1,02 \text{ m}^3/\text{jam}$$

c. Air Umpan Boiler

Kebutuhan air umpan boiler pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan proses *mixed acid route* digunakan untuk pembuatan steam yang digunakan untuk pemanas udara pada heat exchanger (E-222) dengan jumlah sebesar 56821,41 kg/hari dan untuk pemanas *coating oil tank* (F-325) dengan jumlah sebesar 2570,37 kg/hari

$$\text{Densitas air pada suhu } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3 \text{ (Geankoplis, 2003)}$$

$$\text{Kebutuhan umpan boiler} = \frac{56821,41 \text{ kg/hari}}{995,68}$$

$$= 57,07 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 2,38 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kebutuhan air make up} = 20\% \times \text{kebutuhan air pendingin}$$

$$= 20\% \times 57,07 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 11,41 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**d. Air Proses**

Kebutuhan air proses pada pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan proses *mixed acid route* digunakan untuk pemisahan debu dan gas pada *scrubber* (D-314) dengan jumlah sebesar 1514,14 kg/hari

$$\text{Densitas air pada suhu } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3 (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$\text{Kebutuhan air proses} = \frac{1514,14 \text{ kg/hari}}{995,68}$$

$$= 1,52 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,063 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jumlah kebutuhan air (dengan resirkulasi) adalah

$$1. \text{ Air sanitasi} = 36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$2. \text{ Air pendingin} = 269,97 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$3. \text{ Air umpan boiler} = 68,48 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$4. \text{ Air proses} = 1,52 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Total} = 375,97 \text{ m}^3/\text{hari}$$

BAB VII

KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

VII. 1. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Secara Umum

Keselamatan kerja adalah segala upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya. Pada pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan proses *mixed acid route* ini kesehatan dan keselamatan kerja merupakan bagian yang mendapat perhatian khusus, oleh karena itu dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk menghindari dan menimbulkan terjadinya kecelakaan kerja serta untuk meningkatkan produktivitas dan keuntungan bagi perusahaan.

Tujuan dari kesehatan dan keselamatan kerja ditinjau dari berbagai pendekatan, antara lain:

1. Pendekatan kemanusiaan
Berupaya mencegah terjadinya penderitaan bagi tenaga kerja dan ikut serta menciptakan terwujudnya kesejahteraan hidup.
2. Pendekatan ekonomis
3. Berupaya meningkatkan keuntungan dengan menghindarkan kerugian bagi tenaga kerja dan perusahaan.
4. Pendekatan *social*
Berupaya menghindarkan kerugian bagi masyarakat baik langsung maupun tidak langsung.

Menurut Undang-Undang No.13 Tahun 2003 disebutkan bahwa:

1. Setiap pekerja/karyawan mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas:
 - a. Keselamatan dan kesehatan kerja
 - b. Moral dan kesusilaan; dan
 - c. Perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama.



2. Untuk melindungi keselamatan pekerja/buruh guna mewujudkan produktivitas kerja yang optimal diselenggarakan upaya keselamatan dan kesehatan kerja.

Menurut Undang-Undang No.40 tahun 2004, kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi dalam hubungan kerja, termasuk kecelakaan yang terjadi dalam perjalanan dari rumah menuju tempat kerja atau sebaliknya, dan penyakit yang disebabkan oleh lingkungan kerja. Adapun kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain :

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

Menurut Peraturan Pemerintah No.50 tahun 2012, tujuan dari adanya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) antara lain:

1. Meningkatkan efektifitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur, dan terintegrasi.
2. Mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh.
3. menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman, dan efisien untuk mendorong produktivitas.

Kebijakan keselamatan kerja dimaksudkan untuk memperhatikan dan menjamin implementasi peraturan keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan, dimana kebijakan-kebijakan K3 sebagai berikut:

- Peningkatan berkelanjutan
- Sesuai peraturan dan perundangan keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku di tempat kerja



- Mengkomunikasikan kepada seluruh tenaga kerja agar sadar dan mawas mengenai kewajiban keselamatan dan kesehatan pribadi
- Evaluasi berkala

VII.2 Potensi Bahaya Lingkungan Kerja

Menurut International Labour Organization (2013), suatu bahaya kesehatan akan muncul bila seseorang kontak dengan sesuatu yang dapat menyebabkan gangguan/kerusakan bagi tubuh ketika terjadi pajanan (*explosure*) yang berlebihan.

Bahaya kesehatan dapat menyebabkan penyakit yang disebabkan oleh pajanan suatu sumber bahaya di tempat kerja. Potensi bahaya kesehatan yang biasa di tempat kerja berasal dari lingkungan kerja antara lain faktor kimia, faktor fisik, dan faktor biologi.

1. Faktor Kimia

Banyak bahan kimia yang memiliki sifat beracun dapat memasuki aliran darah dan menyebabkan kerusakan pada system tubuh dan organ lainnya. Bahan kimia berbahaya dapat berbentuk padat, cairan, uap, gas, debu, asap, atau kabut dan dapat masuk ke dalam tubuh melalui tiga cara, yaitu inhalasi (menghirup), pencernaan (menelan), penyerapan ke dalam kulit atau kontak invasif.

Guna mengantisipasi dampak negatif yang mungkin terjadi di lingkungan kerja akibat bahaya faktor kimia maka perlu dilakukan pengendalian lingkungan kerja secara teknis sehingga kadar bahan-bahan kimia di udara lingkungan kerja tidak melampaui nilai ambang batas (NAB). Pelabelan merupakan pemberian tanda berupa gambar/*symbol*, huruf/tulisan, kombinasi keduanya atau bentuk pernyataan lain yang disertakan pada bahan berbahaya.

Pelabelan bahan kimia merupakan salah satu cara penting untuk mencegah penyalahgunaan atau penanganan yang dapat menyebabkan cedera atau sakit. Dalam transportasi, bila



kemungkinan terjadi kecelakaan, maka sangat penting dalam keadaan darurat untuk mengetahui risiko dari zat-zat tersebut.

2. Faktor Fisik

Faktor fisik meliputi antara lain kebisingan, penerangan, getaran, iklim kerja, gelombang mikro dan sinar ultra ungu. Faktor-faktor ini dihasilkan dari proses produksi atau produk samping yang tidak diinginkan.

- **Kebisingan**
Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Suara keras, berlebihan atau berkepanjangan dapat merusak jaringan saraf sensitif di telinga, menyebabkan kehilangan pendengaran sementara atau permanen. Hal ini sering diabaikan sebagai masalah kesehatan, tapi itu adalah salah satu bahaya fisik utama. Batasan pajanan terhadap kebisingan ditetapkan nilai ambang batas sebesar 85 dB selama 8 jam sehari.
- **Penerangan**
Penerangan di setiap tempat kerja harus memenuhi syarat untuk melakukan pekerjaan. Penerangan yang sesuai sangat penting untuk peningkatan kualitas dan produktivitas. Sebagai contoh, pekerjaan perakitan benda kecil membutuhkan tingkat penerangan lebih tinggi, misalnya mengemas kotak.
- **Getaran**
Getaran dapat dirasakan melalui lantai dan dinding oleh orang-orang disekitarnya. Misalnya, mesin besar di tempat kerja dapat menimbulkan getaran yang mempengaruhi pekerja yang tidak memiliki kontak langsung dengan mesin tersebut dan menyebabkan nyeri dan kram otot.



- **Iklim kerja**
Agar tubuh manusia berfungsi secara efisien, perlu untuk tetap berada dalam kisaran suhu normal. Untuk itu diperlukan iklim kerja yang sesuai bagi tenaga kerja saat melakukan pekerjaan. Iklim kerja merupakan hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat dari pekerjaannya.
- **Radiasi tidak mengion**
Radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari radiasi tidak mengion antara lain gelombang mikro dan sinar ultra ungu (ultra violet). Gelombang mikro digunakan antara lain untuk gelombang radio, televisi, radar dan telepon. Gelombang mikro mempunyai frekuensi 30 kilo *hertz* – 300 giga *hertz* dan panjang gelombang 1 mm – 300 cm. Radiasi gelombang mikro yang pendek < 1 cm yang diserap oleh permukaan kulit dapat menyebabkan kulit seperti terbakar. Sedangkan gelombang mikro yang lebih panjang (> 1 cm) dapat menembus jaringan yang lebih dalam. Radiasi sinar ultra ungu berasal dari sinar matahari, las listrik, laboratorium yang menggunakan lampu penghasil sinar ultra violet. Panjang gelombang sinar ultra violet berkisar 1 – 40 nm. Radiasi ini dapat berdampak pada kulit dan mata.

3. Faktor Biologi

Faktor biologi penyakit akibat kerja sangat beragam jenisnya. Seperti pekerja di pertanian, perkebunan dan kehutanan termasuk di dalam perkantoran yaitu indoor air *quality*, banyak menghadapi berbagai penyakit yang disebabkan virus, bakteri atau hasil dari pertanian, misalnya tabakosis pada pekerja yang mengerjakan tembakau, bagasosis pada pekerja-pekerja yang menghirup debu-debu organik misalnya pada pekerja gandum (*Aspergillus sp.*) dan di pabrik gula. Penyakit paru oleh jamur sering terjadi pada pekerja yang menghirup debu organik, misalnya pernah



dilaporkan dalam kepustakaan tentang *aspergillus* paru pada pekerja gandum. Demikian juga “*grain asma*” *sporotrichosis* adalah salah satu contoh penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh jamur.

Agak berbeda dari faktor-faktor penyebab penyakit akibat kerja lainnya, faktor biologis dapat menular dari seorang pekerja ke pekerja lainnya. Usaha yang lain harus pula ditempuh cara pencegahan penyakit menular, antara lain imunisasi dengan pemberian vaksinasi atau suntikan, mutlak dilakukan untuk pekerja-pekerja di Indonesia sebagai usaha kesehatan biasa. Imunisasi tersebut berupa imunisasi dengan vaksin cacar terhadap variola, dan dengan suntikan terhadap kolera, tipus dan para tipus perut.

VII.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Pabrik Pupuk NPK

Usaha untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja di lokasi pabrik pupuk NPK, yaitu dengan diperhatikannya tindakan pencegahan terhadap tiga faktor utama penyebab kecelakaan tersebut, diantaranya:

1. Lingkungan Fisik

Cara menanggulangi bahaya kecelakaan kerja yang ditimbulkan oleh lingkungan fisik dapat disesuaikan dengan jenis bahayanya, yaitu:

1. Bahaya dalam proses *plant*

Dalam design proses harus diperhatikan *flammable* dan *Explosive*, desain peralatan harus didasarkan pada karakteristik bahan-bahan yang akan diolah maupun produk yang dihasilkan.

2. Bahaya kebocoran

Kebocoran yang terjadi terutama pada sambungan pipa. Perpipaan diletakkan di atas permukaan tanah dan bila terpaksa dipasang dibawah tanah, maka harus dilengkapi dengan *fire stop* dan *drainage* (pengeluaran) pada jarak tertentu untuk mencegah adanya bakteri yang dapat



masuk kedalam bahan baku sehingga menurunkan kualitas dan kuantitas produk. Dan juga susunan *valve* dan perpipaan yang baik sangat membantu keselamatan kerja.

3. Bahaya *thermis*

Peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi harus diberi isolasi, untuk menghindari terjadinya kecelakaan dan menghindari kehilangan panas yang dibutuhkan alat tersebut. Untuk menghindari suhu ruangan yang terlalu tinggi maka perlu adanya ventilasi udara yang cukup pada ruangan tersebut, sebab bila suhu ruangan tinggi akan menimbulkan kondisi cepat lelah para pekerja dan dapat menurunkan efisiensi kerja.

4. Bahaya kebakaran

Terjadinya kebakaran dapat disebabkan oleh:

- Kemungkinan nyala terbuka dari unit utilitas, laboratorium, dan lain-lain.
- Terjadinya loncatan bunga api pada saklar dan stop kontak.

Untuk mengatasi kemungkinan tersebut dilakukan :

- Melarang kegiatan merokok di daerah yang mudah terbakar
- Menempatkan alat pemadam kebakaran dan *hydrant* pada daerah rawan kebakaran.
- Pemasangan isolasi pada seluruh kabel transmisi yang ada.

2. Manusia/Karyawan

Bahaya yang diakibatkan oleh manusia/karyawan dapat dicegah dengan beberapa cara, yaitu sebagai berikut:

1. Pada waktu *maintenance* ataupun pada waktu *shut down* para pekerja harus menggunakan alat pelindung diri, seperti helm, sarung tangan, masker dan lain sebagainya disesuaikan dengan kebutuhan.



2. Memberikan pengumuman-pengumuman penting yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Pemberian pengarahan, training *Fire Fighting Brigade* (FFB) yang dilakukan 1 kali dalam seminggu untuk menangani bila sewaktu-waktu terjadi kebakaran dan bahan baku petunjuk keselamatan kerja tentang diri sendiri, bahan kimia dan lain-lain.
4. Memberikan dan mengawasi kelengkapan alat pelindung diri karyawan sebelum memasuki lokasi pabrik.
5. Adanya poliklinik mempunyai sarana yang dapat memadai dalam memberikan pertolongan darurat. Selain itu setiap karyawan harus memahami cara memberikan pertolongan pertama bila ada kecelakaan.

VII.4 Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Menurut Rosdiana (2012), sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) merupakan suatu sistem pengaturan kebijakan-kebijakan perusahaan, khususnya dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) ini berfungsi sebagai kontrol bagi pelaksanaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang diterapkan oleh perusahaan.

Tujuan dari sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) ini adalah untuk menurunkan ataupun untuk menghilangkan angka kecelakaan kerja. Terdapat berbagai upaya untuk mencegah kecelakaan kerja di tempat kerja, antara lain:

1. Upaya pencegahan kecelakaan kerja melalui pengendalian bahaya di tempat kerja
 - a. Pemantauan dan pengendalian kondisi tidak aman
 - b. Pemantauan dan pengendalian tindakan tidak aman
2. Upaya pencegahan kecelakaan kerja melalui pembinaan dan pengawasan
 - a. Pelatihan dan Pendidikan
 - b. Konseling dan konsultasi



- c. Pengembangan sumber daya ataupun teknologi
3. Upaya pencegahan kecelakaan kerja melalui sistem manajemen
 - a. Prosedur dan aturan
 - b. Penyediaan sarana dan prasarana
 - c. Penghargaan dan sanksi

Bentuk dari alat-alat keselamatan kerja antara lain:

1. *Safety helmet* (untuk tugas lapangan), berfungsi sebagai pelindung kepala dari benda yang bisa mengenai kepala secara langsung.
2. Sepatu atau *safety shoes* (untuk tugas lapangan dan kantor), berfungsi mencegah kecelakaan fatal yang menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dan sebagainya.
3. Sarung tangan (untuk tugas lapangan), berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan di sesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.
4. Penutup telinga atau *ear plug* (untuk tugas lapangan), berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising.
5. Kaca mata pengaman atau *safety glasses* (untuk tugas lapangan), berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misalnya mengelas atau saat berada dalam lapangan untuk waktu yang cukup lama).
6. Masker atau respirator (untuk tugas lapangan), berfungsi sebagai penyaring udara yang dihirup saat bekerja di tempat dengan kualitas udara buruk (misal berdebu, beracun, dsb).
7. Baju *safety* (untuk tugas lapangan ataupun di kantor), berfungsi sebagai pelindung tubuh pada saat bekerja. Baju *safety* cenderung dibuat lebih tebal dari baju biasa dan memiliki warna yang mencolok agar terlihat walaupun saat bekerja di malam hari.



8. Rompi *safety* (untuk tugas lapangan), dibuat dengan warna neon atau mencolok supaya saat keadaan malam hari ataupun gelap, pegawai dapat terlihat sehingga menghindari terjadinya kecelakaan kerja.
9. Tabung pemadam api atau racun api, berfungsi sebagai tindakan awal yang dapat dilakukan ketika terjadinya kebakaran.

VII.5 Hal-hal yang Diperhatikan Tentang Kecelakaan Kerja

Untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

a. Bangunan pabrik

Bangunan gedung beserta alat-alat konstruksinya harus memenuhi persyaratan yang telah direkomendasikan oleh para ahli yang bersangkutan untuk menghindari bahaya-bahaya kebakaran, kerusakan akibat cuaca, gempa, petir, banjir dan lain sebagainya. Lingkungan sekitar pabrik harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi para pekerja serta penduduk sekitarnya. Jangan sampai kehadiran pabrik tersebut menimbulkan pencemaran bagi lingkungan sekitar sehingga mengakibatkan ketidaknyamanan bagi penduduk sekitar.

b. Ventilasi

Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan system ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

c. Alat-alat bergerak

Alat-alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa, motor pada pengaduk harus selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan akan dapat diperbaiki dengan mudah.



- d. Peralatan yang menggunakan sistem perpindahan panas
Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : *boiler*, *cooler*, *heater* dan sebagainya. Disamping itu di dalam perancangan faktor keselamatan harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), faktor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang peran penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat-alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruang tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta pemasangan alat-alat kontrol yang sesuai.
- e. Sistem perpipaan
Pipa-pipa harus dipasang secara efektif supaya mudah menghantarkan fluida proses atau utilitas tanpa adanya kehilangan energi atau massa, dalam waktu yang tepat. Pipa – pipa tersebut juga harus diletakkan di tempat yang terjangkau dan aman sehingga mudah diperbaiki dan dipasang. Untuk pipa yang dilalui fluida panas harus diberi isolasi (berupa sabut atau asbes) dan diberi sambungan yang dapat memberikan fleksibilitas seperti belokan -U (*U-bed*), *tee*, juga pemilihan *valve* yang sesuai untuk menghindari peledakan yang diakibatkan oleh pemuatan pipa.
- f. Sistem kelistrikan
Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektrik harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekring) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde, untuk menjaga apabila sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat. Pemeriksaan peralatan listrik secara teratur perlu dilakukan.



g. Karyawan

Seluruh karyawan dan pekerja, terutama yang menangani unit-unit vital, hendaknya diberi pengetahuan dan pelatihan khusus dalam bidang masing-masing, juga dalam bidang kesehatan dan keselamatan kerja secara umum. Disamping itu pihak pabrik harus gencar memberikan penyuluhan tentang Kesehatan dan Keselamatan kerja (K-3), baik secara lisan maupun secara tertulis (berupa tanda-tanda bahaya atau larangan serta peraturan pengoperasian peralatan yang baik dan pada tiap-tiap alat terutama yang berisiko tinggi). Dengan demikian diharapkan para karyawan akan mampu menangani kondisi darurat yang dapat terjadi sewaktu-waktu, setidaknya pada tahap awal.

VII.6 Sistem yang digunakan di pabrik pupuk NPK

1. Sistem alarm pabrik

Sistem alarm dalam pabrik digunakan untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya. Sehingga apabila terjadi bahaya sewaktu-waktu pada karyawan dapat segera mengetahui.

2. Sistem komunikasi

Yaitu tersedianya alat komunikasi yang menghubungkan antar unit baik dengan sistem telepon maupun dengan sistem *wireless* yang diset berdasarkan tempat-tempat yang telah ditentukan untuk *start*, *stop*, dan *emergency* pengoperasian.

3. Motor listrik

Motor listrik berfungsi untuk melindungi dari kegagalan tenaga untuk sementara.

4. Sistem *management*

Sistem manajemen mempunyai peran yang besar bagi karyawan dan *staff* ahli yang saling mendukung satu sama lain. Juga kedisiplinan di dalam menjalankan tugas untuk kerjasama dalam mencapai tujuan keselamatan dan kesehatan kerja. Sistem *management* yang benar meliputi:



- Melaksanakan prosedur kerja dengan menggunakan buku pedoman Keselamatan Kerja.
- Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang K3.
- Membuat usaha-usaha untuk mengatasi bahaya yang mungkin timbul di tempat kerja.

5. Penggunaan Alat pelindung diri (APD)

Menurut Undang-Undang Keselamatan Kerja No.1 tahun 1970 untuk mengurangi akibat kecelakaan kerja, maka setiap perusahaan harus menyediakan alat perlindungan diri (APD) yang harus disesuaikan dengan jenis perusahaannya masing-masing.

Alat pelindung diri (APD) bukan merupakan alat untuk menghilangkan bahaya di tempat kerja, namun hanya merupakan salah satu usaha untuk mencegah dan mengurangi kontak antara bahaya dan tenaga kerja yang sesuai dengan standar kerja yang diijinkan.

Syarat-syarat Alat Pelindung Diri adalah:

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan-gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharannya mudah.

VII.7 Keselamatan di Area Pabrik Pupuk NPK

VII.7.1 Keselamatan Karyawan

Agar keselamatan karyawan/pekerja dapat terjaga maka setiap karyawan/pekerja diwajibkan memakai alat pelindung diarea pabrik. Alat pelindung diri yang harus digunakan karyawan saat berada di area pabrik pupuk NPK adalah sebagai berikut :



Tabel VII.1 Alat Pelindung Diri Untuk Setiap Alat di Pabrik Pupuk NPK

| No | Nama Alat | Alat Pelindung Diri |
|----|---|---|
| 1 | Reaktor | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety helm</i> - Sarung tangan tahan panas - Masker asam - <i>Welding Glasses</i> - Sepatu pelindung - <i>Ear plug</i> |
| 2 | <i>Rotary Dryer</i> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety helm</i> - Sarung tangan tahan panas - Masker - <i>Earmuff</i> |
| 3 | <i>Scrubber</i> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety helm</i> - Masker - Sepatu pelindung - <i>Earmuff</i> |
| 4 | <i>Belt dan Screw conveyor</i> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety helm</i> - Masker - <i>Ear plug</i> |
| 5 | Tangki penyimpanan, sistem perpipaan dan perpompaan | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety helm</i> - Sarung tangan - Sepatu pelindung |
| 6 | <i>Granulator</i> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety helm</i> - Sarung tangan tahan panas - Masker asam - Sepatu pelindung - <i>Ear plug</i> |
| 7 | <i>Bucket elevator dan screen</i> | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Safety helm</i> - Masker - <i>Ear plug</i> |



| | | |
|---|-----------------------|---|
| 8 | <i>Heat Exchanger</i> | <ul style="list-style-type: none">- <i>Safety helm</i>- Sarung tangan tahan panas- Masker- <i>Ear plug</i> |
|---|-----------------------|---|

VII.7.2 Keselamatan Pabrik

- Pada Tangki Penampung
Pada tangki penampung, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa :
 - Pemberian label dan spesifikasi bahannya.
 - Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3
- Pada Pompa
Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.
- Pada Sistem Perpipaan
Pada sistem perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.
- Pada *Heat Exchanger*
Pada area *heat exchanger* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada boiler mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.
- Pada area pabrik secara umum atau keseluruhan
 - Pemberian jalan antar masing-masing daerah untuk mempermudah kelancaran transportasi, serta memudahkan jika terjadi keadaan darurat



- Disediakan *hydrant* disetiap *plant* (unit) untuk menanggulangi pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran.
- Memasang alarm disetiap *plant* (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat. Disediakan pintu dan tangga darurat serta *emergency room* yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi kejadian darurat.
- Pemberian *safety shower* pada setiap daerah untuk menanggulangi bila terkena paparan bahan kimia serta penempatan *safety shower* yang tepat.
- Terdapatnya *sprinkle* pada daerah-daerah yang suhunya mudah meningkat seperti reaktor, *elektrolizer*, dan evaporator, untuk mencegah terjadinya kebakaran ataupun ledakan.
- Penempatan APAR (Alat Pemadam Api Ringan) yang lebih dari satu untuk masing-masing daerah dan penempatan yang mudah terjangkau oleh para operator, jika terjadi kebakaran ringan.
- Inspeksi pabrik secara keseluruhan direncanakan akan dilakukan setiap tiga bulan sekali. Sedangkan untuk pengecekan fungsi alat seperti APAR akan dilakukan inspeksi setiap satu bulan.

BAB VIII INSTRUMENTASI

VIII.1 Instrumentasi Secara Umum dalam Industri

Instrumentasi merupakan sistem dan susunan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Di dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Dengan demikian, kondisi operasi selalu berada dalam kondisi yang diharapkan (*Ulrich, 1984*).

Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi bagi perencanaan suatu pabrik adalah sebagai berikut

1. Untuk menjaga suatu proses instrumentasi agar tetap aman, yaitu dengan cara :
 - a. Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin, dan membuat tanda-tanda bahaya secara interlock otomatis jika kondisi kritis muncul.
 - b. Menjaga variabel-variabel proses berada pada batas kondisi yang aman.
2. Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki.
3. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lainnya utau efisiensi kerja.
4. Menjaga kualitas agar tetap berada dalam stamdart yang telah ditetapkan.
5. Memperoleh hasil kerja yang efisien.
6. Membantu dalam keselamatan kerja bagi pekerja dan karyawan pabrik.

Secara garis besar, alat-alat kontrol dapat diklasifikasikan atas:



- a. Penunjuk (*indicator*)
Indicator adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (variabel) yang diukur. Besaran ini merupakan besaran sesaat.
- b. Pengirim (*Transmitter*)
Transmitter adalah alat yang mengukur harga suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim sinyal yang diperolehnya ke peralatan lain misal recorder, indicator atau alarm.
- c. Pencatat (*Recorder*)
Recorder (terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), untuk mencatat harga dari pengukuran secara kontinyu atau periodik. Biasanya hasil pencatatan recorder ini terlukis dalam bentuk kurva diatas kertas.
- d. Pengatur (*Controller*)
Controller adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengkoreksian kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan sebenarnya.
- e. Katup pengatur (*Control valves*)
Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga digunakan untuk dapat mencatat atau mengukur.

Alat-alat kontrol yang banyak digunakan dalam bidang industri adalah :

1. Pengatur suhu :

a. *Temperatur Indicator* (TI)

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis temperatur indikator antara lain : termometer , termokopel



- b. *Temperatur Controller (TC)*
Fungsi : mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
 - c. *Temperture Indicator Controller (TIC)*
Fungsi : mencatat dan mengendalikan temperatur operasi
2. Pengaturan Tekanan (*Pressure*) :
- a. *Pressure Indicator (PI)*
Fungsi : untuk mengetahui tekanan operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut.
Jenis pressure indikator antara lain : *pressure gauge*
 - b. *Pressure Controlller (PC)*
Fungsi : mengendalikan atau mengatur tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
 - c. *Pressure Indicator Controller (PIC)*
Fungsi : mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus-menerus sesuai dengan yang diminta
3. Pengatur aliran (*flow*) :
- a. *Flow Indicator Controller (FIC)*
berfungsi menunjukkan dan mengalirkan laju aliran dalam suatu peralatan secara kontinyu
 - b. *Flow Indicator (FI)*
berfungsi menunjukkan laju suatu aliran dalam suatu peralatan
 - c. *Flow Controller (FC)*
berfungsi mengendalikan laju aliran dalam peralatan
 - d. *Flow Recorder (FR)*
berfungsi mencatat debit aliran dalam alat secara terus menerus
 - e. *Flow Recorder Control (FRC)*
berfungsi untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus-menerus.



4. Pengaturan tinggi permukaan (*level*) :

a. *Level indicator* (LI)

Fungsi : menunjukkan tinggi permukaan fluida pada suatu vessel.

b. *Level Indicator Control* (LIC)

Fungsi : sebagai alat penunjuk untuk mengetahui ketinggian fluida dan untuk mengendalikan atau mengatur level fluida agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

BAB IX

PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA

Menurut Undang-undang Republik Indonesia No.32 Tahun 2009 menjelaskan bahwa limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Limbah bahan berbahaya dan beracun, yang selanjutnya disebut Limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3. Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan. Upaya pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan melaksanakan konsep 4R, yaitu:

- *Reduce*, minimalisasi sampah dari sumber
- *Reuse*, memanfaatkan kembali limbah
- *Recovery*, melakukan upaya untuk perolehan kembali bahan-bahan yang berguna.
- *Recycle*, melakukan pemrosesan sehingga menghasilkan produk lainnya

Pengendalian pencemaran akan membawa dampak positif bagi lingkungan karena akan menyebabkan kesehatan masyarakat yang lebih baik, kenyamanan hidup lingkungan sekitar yang lebih tinggi, kerusakan materi yang rendah, dan yang penting adalah kerusakan lingkungan yang rendah. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran ialah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemar, dan kondisi meteorologis lingkungan. Pada industri kimia umumnya menghasilkan 3 jenis limbah yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas.



Dalam Pabrik Pupuk NPK ini, limbah yang dihasilkan dari proses produksi, yaitu :

1. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan dari pabrik pupuk NPK berasal dari proses granulasi yang terjadi di Granulator, *Rotary dryer* dan *rotary cooler*.

2. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan dari pabrik pupuk NPK berasal dari liquor yang dihasilkan dari *scrubbing system* yaitu *dryer scrubber* dan *tail gas scrubber*.

Penanganan limbah pada Pabrik Pupuk NPK

1. Limbah Gas

Gas-gas yang keluar dari granulator masuk ke *prescrubber* sedangkan gas-gas bercampur debu yang keluar dari *dryer* dan *cooler* masuk ke *dryer scrubber*. Pada kolom *scrubber*, gas-gas tersebut dikontakkan dengan air dan asam sulfat. Di dalam kolom *scrubber* terdapat *packing* yang berguna untuk memperluas kontak antara gas, air, dan asam sulfat sehingga gas-gas berbahaya tersebut ikut larut dan dikembalikan ke *preneutralizer tank* untuk direaksikan kembali ke dalam proses. Sedangkan debu yang dihasilkan dari proses dipisahkan dengan *cyclone* untuk dikembalikan ke granulator

2. Limbah Cair

Liquor yang dihasilkan berasal dari proses *scrubbing system* yaitu *dryer scrubber* dan *tail gas scrubber*. Limbah cair dikirim ke pengolahan limbah (*Waste Water Treatment Process*) yang berada di area Pabrik Petrokimia Gresik. Setelah melalui proses treatment, air limbah dibuang ke laut. Pembuangan limbah ke lingkungan sudah mendapatkan persetujuan dari Bupati Daerah Tingkat II Gresik. PT. Petrokimia Gresik juga memasang alat pengukur debit secara kontinyu.

BAB X

KESIMPULAN

Dari uraian proses pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan metode *mixed acid route* ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan metode *mixed acid route* adalah sebesar 150.000 ton/tahun atau 500 ton/hari
2. Bahan baku yang digunakan adalah :
 - NH_3 sebesar 68.784,11 kg NH_3 /hari
 - H_3PO_4 sebesar 251.832,50 kg H_3PO_4 /hari
 - KCl sebesar 13.1341,21 kg KCl /hari
 - H_2SO_4 sebesar 72.807,86 kg H_2SO_4 /hari
 - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ sebesar 29.855,34 kg $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ /hari
 - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebesar 65.135,57 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /hari
3. Tahap pembuatan pupuk NPK ini melalui beberapa tahapan proses yaitu:
 - a. Bahan baku padat yang berupa urea, ZA, dan KCl diumpankan ke dalam ke granulotor (*solid base*). Bahan baku cair yang berupa amoniak, asam sulfat dan asam fosfat direaksikan di pre neutralizer yang menghasilkan *slurry* (*liquid base*) .
 - b. *Slurry* *dispray* ke dalam granulotor dan bercampur dengan bahan baku padat (urea, ZA, dan KCl) dan membentuk butiran granul.
 - c. Tahap pengeringan dilakukan di *rotary dryer* dengan menggunakan udara panas.
 - d. Memisahkan produk *onsize*, *undersize* dan *oversize* menggunakan *screen*.
 - e. Produk *onsize* diumpankan dengan *bucket elevator* menuju *rotary cooler* untuk melalui tahap pendinginan dengan menggunakan udara dingin.
 - f. Tahap pelapisan dengan menggunakan *coating oil* dan



coating powder untuk menghindari terjadinya *caking*

4. Hasil utama berupa pupuk NPK
5. Limbah yang dihasilkan yaitu berupa limbah cair (*liquor*) dari *dryer scrubber* dan *tail gas scrubber* dan limbah gas yang berasal dari proses.
6. Kebutuhan air

Jumlah kebutuhan air total pabrik pupuk NPK dari NH_3 , H_3PO_4 , dan KCl dengan metode *mixed acid route* per hari adalah:

| | | |
|-----------------|----------|--------------------------|
| - Air sanitasi | = 36 | m^3/hari |
| - Air boiler | = 316,69 | m^3/hari |
| - Air pendingin | = 73,56 | m^3/hari |
| - Air proses | = 1,59 | m^3/hari |
| Total | = 427,84 | m^3/hari |

.

DAFTAR NOTASI

| No | Notasi | Keterangan | Satuan |
|----|-----------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1 | m | massa | kg |
| 2 | n | mol | mol |
| 3 | BM | Berat molekul | g/kmol |
| 4 | T | Suhu | °C/°F |
| 5 | cp | Heat Capacity | kcal/kg°C |
| 6 | ΔH_f | Enthalpy pembentukan | kcal/kmol |
| 7 | ΔH_f | Enthalpy product | kcal |
| 8 | H | Enthalpy | kcal |
| 9 | H _v | Enthalpy vapor | kcal/kg |
| 10 | H _l | Enthalpy liquid | kcal/kg |
| 11 | ms | Massa Steam | kg |
| 12 | Q | Panas | kcal |
| 13 | ρ | Densitas | gr/cm ³ |
| 14 | η | Efisiensi | % |
| 15 | μ | Viscositas | Cp |
| 16 | D | Diameter | In |
| 17 | H | Tinggi | In |
| 18 | P | Tekanan | atm/psia |
| 19 | R | Jari-jari | In |
| 20 | ts | Tebal tangki | In |
| 21 | c | Faktor Korosi | - |
| 22 | E | Efisiensi samungan | - |
| 23 | th | Tebal tutup atas | In |
| 24 | ΣF | Total friksi | - |
| 25 | hc | <i>Sudden contraction</i> | ft.lbf/lbm |
| 26 | F _f | Friction loss | ft.lbf/lbm |
| 27 | h _{ex} | Sudden expansion | ft.lbf/lbm |
| 28 | gc | Gravitasi | Lbm.ft/lbf.s ² |
| 29 | A | Luas perpindahan panas | ft ² |
| 30 | f | Faktor friksi | ft ² /in ² |
| 31 | G | Massa velocity | Lb/(hr)(ft ²) |

| | | | |
|----|----|----------------------|-----------------------------------|
| 32 | k | Thermal conductivity | Btu/(hr)(ft ²)(°F/ft) |
| 33 | B | Baffle Spacing | in |
| 34 | L | Panjang Course | in |
| 35 | sf | Safety Factor | - |

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, L.E., and Young, E.H. (1959). *Process Equipment Design*. New York: Wiley Eastern Limited.
- COMSPAIN XXI, S. (2002). *Expert in Design Manufacturing and Maintenance of Crushers*. Madrid, Spain:
<http://www.comspain.com>.
- Coulson. J.M. and Richardson.J.F. (1989). *Chemical Engineering Vol.6*. New York: Pergamon Press Inc.
- Geankoplis, C. (1983). *Transport Process and Unit Operations, 2ed edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Hesse, Herman C. (1959). *Process Equipment Design, 7th edition*. New York : D Van Nostrand.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia (2014). *Perkembangan Impor Komoditi Hasil Industri Dari Negara Tertentu*. www.kemenperin.go.id
- Kern, D. Q. (1988). *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Kirk-Othmer. (1984). *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York : John Wiley & Sons,Inc.
- McCabe, W. L., and Julian C.S. (1999). *Operasi Teknik Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Perry (1999). *Chemical Engineering Handbook 7th Edition*. USA : The McGraw-Hill Companies.
- Perry (2008). *Chemical Engineering Handbook 8th Edition*. USA : The McGraw-Hill Companies.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D. (1991). *Plant Design and Economic for Chemichal Engineers Handbook, 7th edition*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Ullman. (2003). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6th ed , Vol. 3*. New York: John Wiley & Sons.

- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*,. New York : John Wiley and Sons.
- Undang-undang Republik Indonesia, No. 32 Tahun 2009. *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Indonesia.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment, Selection and Design*. United States of America : Butterworth-Heinemann.
- EFMA European Fertilizer Manufacturers' Association (2000). *Production of NPK Fertilizers by the Mixed Acid Route*. Booklet no 8 of 8. Belgium: Ave. E van Nieuwenhuyse.
- Teknologi Incro (2002). *Manual Operating Book of NPK Fertilizers*. PT.Petrokimia Gresik:

APPENDIX A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas produksi = 150000 ton/tahun = 500000 kg/hari
 Waktu Operasi = 300 hari/tahun
 Basis waktu = hari
 Satuan Operasi = kg

Tabel 3.1 BM Komponen

| Komponen | BM |
|--|-----|
| NH ₃ | 17 |
| H ₂ SO ₄ | 98 |
| H ₃ PO ₄ | 98 |
| CO(NH ₂) ₂ | 60 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 132 |
| KCl | 75 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 115 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 132 |
| H ₂ O | 17 |

Tabel 3.2 Fraksi Komponen

| Komponen | Fraksi |
|---|--------|
| NH ₃ | 0,995 |
| H ₂ O | 0,005 |
| H ₂ SO ₄ | 0,98 |
| H ₂ O | 0,02 |
| H ₃ PO ₄ | 0,5 |
| H ₂ O | 0,5 |
| CO(NH ₂) ₂ | 0,995 |
| H ₂ O | 0,005 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,999 |
| H ₂ O | 0,001 |
| KCl | 0,99 |
| H ₂ O | 0,01 |

Tabel 3.3 Bahan Baku

| Bahan Baku | Massa |
|---|-----------|
| NH ₃ | 68784,11 |
| H ₂ SO ₄ | 72807,86 |
| H ₃ PO ₄ | 251832,50 |
| CO(NH ₂) ₂ | 29855,34 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 65135,57 |
| KCl | 131341,21 |
| C. Powder | 1100 |
| Coating Oil | 1200 |
| Jumlah | 622056,59 |

Pembagian Massa NH_3

- Masuk *Pre-Neutralizer Reactor*

$$\text{Rasio N/P} = 0,9$$

$$\text{Rasio N/S} = 1,8$$

Untuk rasio N/P = 0,9

$$\frac{\text{mol N}}{\text{mol P}} = \frac{\text{mol NH}_3}{\text{mol H}_2\text{PO}_4} = \frac{9}{10}$$

Untuk rasio N/S = 1,8

$$\frac{\text{mol N}}{\text{mol S}} = \frac{\text{mol NH}_3}{\text{mol H}_2\text{SO}_4} = \frac{18}{10} = \frac{9}{5}$$

Untuk mol NH_3 awal yaitu penjumlahan mol N dari N/P dan N/S, karena H_2SO_4 bersifat cepat bereaksi jadi H_2SO_4 habis bereaksi terlebih dahulu

| | | | | | |
|------------|------------------|---|-------------------------|-------------------|------------------------------------|
| Reaksi 1 : | 2 NH_3 | + | H_2SO_4 | \longrightarrow | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| m | 18 | | 5 | | |
| r | 10 | | 5 | | 5 |
| s | 8 | | 0 | | 5 |
| Reaksi 2 : | NH_3 | + | H_2PO_4 | \longrightarrow | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ |
| m | 8 | | 10 | | |
| r | 8 | | 8 | | 8 |
| s | 0 | | 2 | | 8 |

H_3PO_4 tidak habis bereaksi karena mol NH_3 tidak mencukupi, sehingga akan disempurnakan di dalam *Granulator*

- Masuk *Granulator*

Di *Granulator* NH_3 ditambah untuk mereaksikan sisa H_3PO_4 dari *Pre-Neutralizer Reactor* dan untuk mereaksikan $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ dari *Pre-Neutralizer Reactor* dan yang terbentuk dalam *Granulator*

| | | | | | |
|------------|---------------|---|------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| Reaksi 1 : | NH_3 | + | H_2PO_4 | \longrightarrow | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ |
| m | x | | 2 | | |
| r | 2 | | 2 | | 2 |
| s | x - 2 | | 0 | | 2 |
| Reaksi 2 : | NH_3 | + | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ | \longrightarrow | $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ |
| m | x - 2 | | 10 | | |
| r | 10 | | 10 | | 10 |
| s | x - 12 | | 0 | | 10 |

dimana x adalah NH_3 yang masuk ke *Granulator*

$$x = 10\%x + 12 \text{ mol } \text{NH}_3 \text{ yang dibutuhkan}$$

$$x = \frac{12 \text{ mol}}{0,9} = 13,33 \text{ mol } \text{NH}_3 \text{ yang masuk } \textit{Granulator}$$

Nb: 10% NH_3 menguap menuju *Granulator Scrubber*

(*Manual Book Petrokimia, 2012*)

Massa NH_3 yang masuk ke *Pre-Neutralizer Reactor*

$$= \frac{18}{31,33} \times 68784,11 = 39514,28 \text{ kg}$$

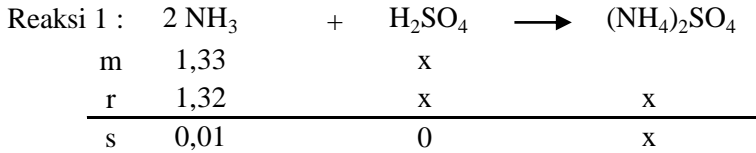
Massa NH_3 yang masuk ke *Granulator*

$$= \frac{13,33}{31,33} \times 68784,11 = 29269,84 \text{ kg}$$

Pembagian Massa H_2SO_4

Mol H_2SO_4 yang dibutuhkan di *Pre-Neutralizer Reactor* = 5

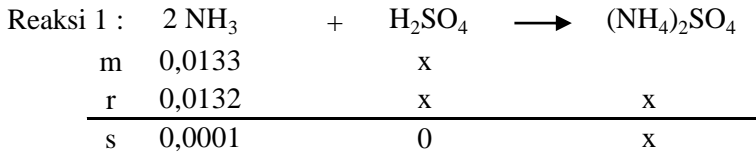
Kebutuhan H_2SO_4 untuk mereaksikan NH_3 yang masuk ke dalam *Granulator Scrubber* dan Tail Gas Scrubber. NH_3 yang masuk ke *Granulator Scrubber* = 1,33 mol



x merupakan H_2SO_4 yang di injeksikan ke *Granulator Scrubber*

$$x = \frac{\text{NH}_3 \text{ yang bereaksi}}{2} = \frac{1,32}{2} = 0,66 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

NH_3 masuk ke *Tail Gas Scrubber* = 0,01 mol



x merupakan H_2SO_4 yang di injeksikan ke *Tail Gas Scrubber*

$$x = \frac{\text{NH}_3 \text{ yang bereaksi}}{2} = \frac{0,013}{2} = 0,007 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

Massa H_2SO_4 yang masuk ke *Pre-Neutralizer Reactor*

$$= \frac{5}{5,667} \times 72807,86 = 64242,98 \text{ kg}$$

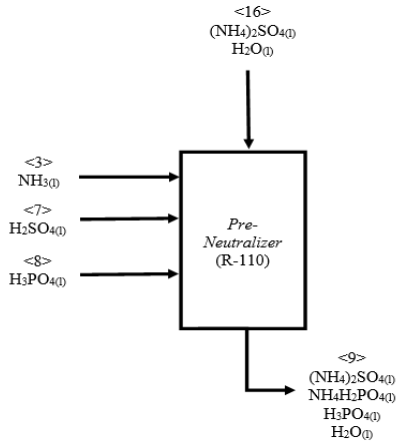
Massa H_2SO_4 yang masuk ke *Granulator Scrubber*

$$= \frac{0,66}{5,667} \times 72807,86 = 8480,07 \text{ kg}$$

Massa H_2SO_4 yang masuk ke *Tail Gas Scrubber*

$$= \frac{0,007}{5,667} \times 72807,86 = 84,80 \text{ kg}$$

1. Pre- Neutralizer Reactor (R-110)



Fungsi : Mereaksikan H_3PO_4 dan H_2SO_4 dengan NH_3 sehingga terbentuk ZA cair, MAP dan DAP serta membentuk rasio $\text{N/P} = 0,9$ dan $\text{N/S}=1,8$ (*Manual Book Petrokimia,2012*)

Neraca Massa di Pre- Neutralizer Reactor (R-110)

>> Aliran Masuk

>> Aliran <3> dari F-111

$$\begin{aligned}
 \text{NH}_3 \text{ masuk} &= 39514,28 \quad \text{kg} \\
 \text{NH}_3 \text{ murni} &= \text{NH}_3 \text{ masuk} \times \text{Fraksi} \\
 &= 39514,28 \times 0,995 \\
 &= 39316,71 \quad \text{kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= \text{NH}_3 \text{ masuk} - \text{NH}_3 \text{ murni} \\
 &= 39514,28 - 39316,71 \\
 &= 197,57 \quad \text{kg} \\
 \text{Mol NH}_3 &= \frac{\text{NH}_3 \text{ murni}}{\text{BM NH}_3} \\
 &= \frac{39316,71}{17,00} \\
 &= 2312,75 \quad \text{mol}
 \end{aligned}$$

>> Aliran <8> dari F-113

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{PO}_4 \text{ masuk} &= 251832,50 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{PO}_4 \text{ murni} &= \text{H}_2\text{PO}_4 \text{ masuk} \times \text{Fraksi} \\
 &= 251832,50 \times 0,500 \\
 &= 125916,25 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{PO}_4 \text{ masuk} - \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni} \\
 &= 251832,50 - 125916,25 \\
 &= 125916,25 \text{ kg} \\
 \text{Mol H}_2\text{PO}_4 &= \frac{\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ murni}}{\text{BM H}_2\text{PO}_4} = \frac{125916,25}{98,00} \\
 &= 1284,86 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

>> Aliran <7> dari F-112

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} &= 64242,98 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni} &= \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} \times \text{Fraksi} \\
 &= 64242,98 \times 0,980 \\
 &= 62958,12 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} - \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni} \\
 &= 64242,98 - 62958,12 \\
 &= 1284,86 \text{ kg} \\
 \text{Mol H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni}}{\text{BM H}_2\text{SO}_4} = \frac{62958,12}{98} \\
 &= 642,43 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi di Pre-Neutralizer Reactor

| | | | | | |
|------------|-------------------|---|--------------------------------|---|---|
| Reaksi 1 : | 2 NH ₃ | + | H ₂ SO ₄ | → | (NH ₄) ₂ SO ₄ |
| m | 2312,75 | | 642,43 | | |
| r | 1284,86 | | 642,43 | | 642,43 |
| s | 1027,89 | | 0 | | 642,43 |
| Reaksi 2 : | NH ₃ | + | H ₂ PO ₄ | → | NH ₄ H ₂ PO ₄ |
| m | 1027,89 | | 1284,86 | | |
| r | 1027,89 | | 1027,89 | | 1027,89 |
| s | 0 | | 256,97 | | 1027,89 |

>> Aliran <16> dari D-118

Recycle dari *Granulator Scrubber*

Mol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang terbentuk di *Granulator Scrubber* sama dengan mol H_2SO_4 yang masuk karena didalam *Granulator Scrubber*, H_2SO_4 habis bereaksi
(*Manual Book Petrokimia, 2012*)

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Massa H}_2\text{SO}_4 \times \text{fraksi}}{\text{BM H}_2\text{SO}_4} = \frac{8480,07 \times 0,98}{98} = 84,80 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= (\text{Mol} \times \text{BM}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \\ &= 84,80 \times 132 \\ &= 11193,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

Massa air yang di *recycle*

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{O dari H}_2\text{SO}_4 = \text{Massa H}_2\text{SO}_4 \times \text{fraksi H}_2\text{O} \\ &= 8480,07 \times 0,02 \\ &= 169,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

>> **Aliran Keluar**

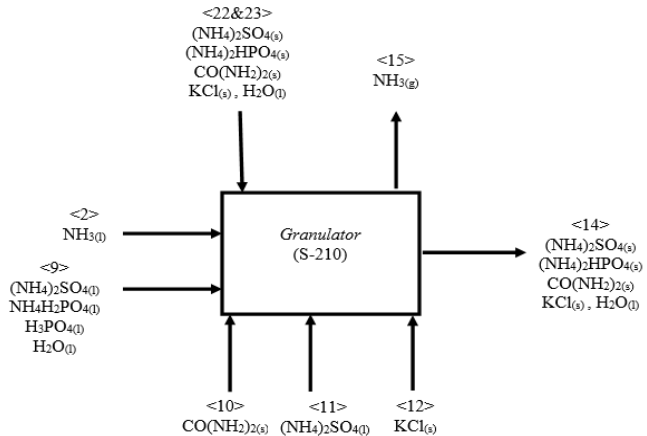
>> Aliran <9> ke S-210

$$\begin{aligned} \text{H}_3\text{PO}_4 &= \text{Sisa mol yang tidak bereaksi} \times \text{H}_3\text{PO}_4 \\ &= 256,97 \text{ mol} \times 98 = 25183,25 \text{ kg} \\ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \{ \text{recycle} + (\text{mol hasil reaksi} \times \text{BM}) \} \\ &= 11193,70 + 84800,74 = 95994,44 \text{ kg} \\ \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 &= \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ yang terbentuk} \times \text{BM} \\ &= 1027,89 \times 115 = 118207,09 \text{ kg} \\ \text{H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{O dari } (\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Recycle}) \\ &= 127568,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 3.4 Neraca Massa Pre-Neutralizer Reactor (R-110)

| MASUK | | KELUAR | |
|---|-----------|---|-----------|
| Aliran <3> dari F-111 | | Aliran <9> ke S-210 | |
| NH ₃ | 39316,71 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 95994,44 |
| H ₂ O | 197,57 | NH ₄ H ₂ PO ₄ | 118207,09 |
| | 39514,28 | H ₃ PO ₄ | 25183,25 |
| Aliran <7> dari F-112 | | H ₂ O | 127568,28 |
| H ₂ SO ₄ | 64242,98 | | |
| H ₂ O | 1284,86 | | |
| | 64242,98 | | |
| Aliran <8> dari F-113 | | | |
| H ₃ PO ₄ | 125916,25 | | |
| H ₂ O | 125916,25 | | |
| | 251832,50 | | |
| Aliran <16> dari D-118 | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 11193,70 | | |
| H ₂ O | 169,60 | | |
| | 11363,30 | | |
| | 366953,06 | | 366953,06 |

2. Granulator (B-210)



Fungsi : Mencampur padatan (urea, ZA, KCl) dan mereaksikan liquid (NH_3 dan H_3PO_4) (*Manual Book Petrokimia, 2012*)

Neraca Massa di Granulator (S-210)

>> Aliran Masuk

>> Aliran <9> dari R-110

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 95994,44$$

$$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = 118207,09$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 25183,25$$

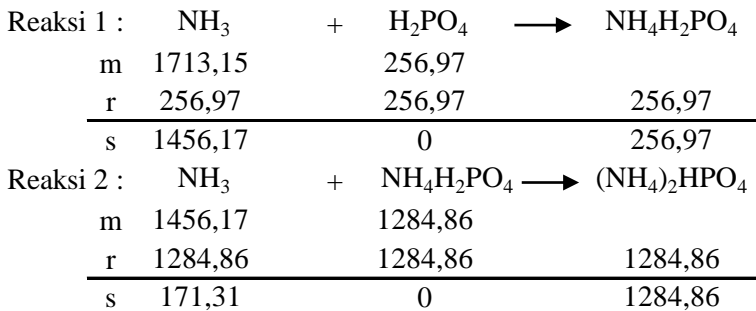
$$\text{H}_2\text{O} = 127568,28$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 &= \frac{\text{Massa } \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4}{\text{BM } \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4} = \frac{118207,09}{115,00} \\ &= 1027,89 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } \text{H}_3\text{PO}_4 &= \frac{\text{Massa } \text{H}_3\text{PO}_4}{\text{BM } \text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{25183,25}{98,00} \\ &= 256,97 \text{ mol} \end{aligned}$$

>> Aliran <2> dari F-111

$$\begin{aligned}
 \text{NH}_3 \text{ masuk} &= 29269,84 \text{ kg} \\
 \text{NH}_3 \text{ murni} &= \text{NH}_3 \text{ masuk} \times \text{Fraksi} \\
 &= 29269,84 \times 0,995 \\
 &= 29123,49 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= \text{NH}_3 \text{ masuk} - \text{NH}_3 \text{ murni} \\
 &= 29269,84 - 29123,49 \\
 &= 146,35 \text{ kg} \\
 \text{Mol NH}_3 &= \frac{\text{NH}_3 \text{ murni}}{\text{BM NH}_3} = \frac{29123,49}{17,00} = 1713,15 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi di Granulator

>> Aliran <10> dari F-211

$$\begin{aligned}
 \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ masuk} &= 29855,34 \text{ kg} \\
 \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ murni} &= \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ masuk} \times \text{Fraksi} \\
 &= 29855,34 \times 0,995 \\
 &= 29706,07 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ masuk} - \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ murni} \\
 &= 29855,34 - 29706,07 \\
 &= 149,28 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

>> Aliran <11> dari F-212

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ masuk} = 65135,57 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ murni} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ masuk} \times \text{Fraksi}$$

$$= 65135,57 \times 0,999$$

$$= 65070,43 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ masuk} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ murni}$$

$$= 65135,57 - 65070,43$$

$$= 65,14 \text{ kg}$$

>> Aliran <12> dari F-213

$$\text{KCl masuk} = 131341,21 \text{ kg}$$

$$\text{KCl murni} = \text{KCl masuk} \times \text{Fraksi}$$

$$= 131341,21 \times 0,990$$

$$= 130027,80 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \text{KCl masuk} - \text{KCl murni}$$

$$= 131341,21 - 130027,80$$

$$= 1313,41 \text{ kg}$$

>> Aliran <22&23> dari H-225

Menghitung *Recycle*

$$A + B = C$$

Dimana :

A : Massa bahan masuk *Granulator* tanpa H_2O dan *recycle*

B : Produk *recycle* yang masuk ke *Granulator*, dimana berasal dari *dryer*, *screen*, dan *cooler*

C : Produk keluar dari *Granulator*

Perhitungan massa bahan masuk *Granulator* (A)]

$$A = \text{Massa masuk } \textit{Granulator} \text{ tanpa } \text{H}_2\text{O} \text{ dan } \textit{recycle} - 10\% \text{NH}_3$$

$$= 493312,56 - 2912,35$$

$$= 490400,21 \text{ kg bahan tanpa air}$$

Perhitungan *Recycle*

$$X = \textit{Recycle} \text{ dari } (\textit{Dryer} + \textit{Screen} + \textit{Cooler})$$

Recycle dari *Dryer* diperoleh dari 85% dari 0,1% massa *granulator*

yang masuk *cyclone*

$$= 85\% \times 0,1\% \times C$$

$$= 0,00085 \quad C$$

Recycle dari *Screen* diperoleh dari 15%+5% massa masuk *screen*,
dimana 15% merupakan produk *oversize* dan 5% *undersize*
(*Manual Book Petrokimia, 2012*)

$$= 20\% \times 99,9\% \quad C$$

$$= 0,1998 \quad C$$

Recycle dari *Cooler* diperoleh dari 85% dari 0,1% massa *screen*
yang masuk ke *cyclone*

$$= 85\% \times 0,1\% \times 80\% \times 99,9\% \quad C$$

$$= 0,000679 \quad C$$

Recycle Total

$$= 0,2013 \quad C$$

$$A + B = C$$

$$490400,21 + 0,2013 \quad C = C$$

$$C = 614020,6 \text{ kg produk tanpa air}$$

$$B = 0,2013 \quad C = 0,2013 \times 614020,55$$

$$= 123620,34 \text{ kg recycle tanpa air}$$

Total Massa dalam *Granulator* tanpa *recycle* dan H_2O (TBG)

$$TBG = (NH_4)_2SO_4 + (NH_4)_2HPO_4 + KCl + CO(NH_2)_2$$

$$= 161064,87 + 169601,5 + 130027,80 + 29706,07$$

$$= 490400,21 \text{ kg}$$

$$(NH_4)_2SO_4 = \frac{(NH_4)_2SO_4 \text{ dalam Granulator} \times B}{TBG}$$

$$= \frac{161064,87 \times 123620,34}{490400,21} = 40601,32 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= \frac{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \text{ dalam Granulator} \times \text{B}}{\text{TBG}} \\
 &= \frac{169601,48 \times 123620,34}{490400,21} = 42753,23 \text{ kg} \\
 \text{CO}(\text{NH}_2)_2 &= \frac{\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ dalam Granulator} \times \text{B}}{\text{TBG}} \\
 &= \frac{29706,07 \times 123620,34}{490400,21} = 7488,321 \text{ kg} \\
 \text{KCl} &= \frac{\text{KCl dalam Granulator} \times \text{B}}{\text{TBG}} \\
 &= \frac{130027,80 \times 123620,34}{490400,21} = 32777,48 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 1,50\% \times \frac{\text{B}}{98,5\%} = 1,50\% \times 125502,88 \\
 &= 1882,54 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

>> **Aliran Keluar**

>> Aliran <14> ke B-220

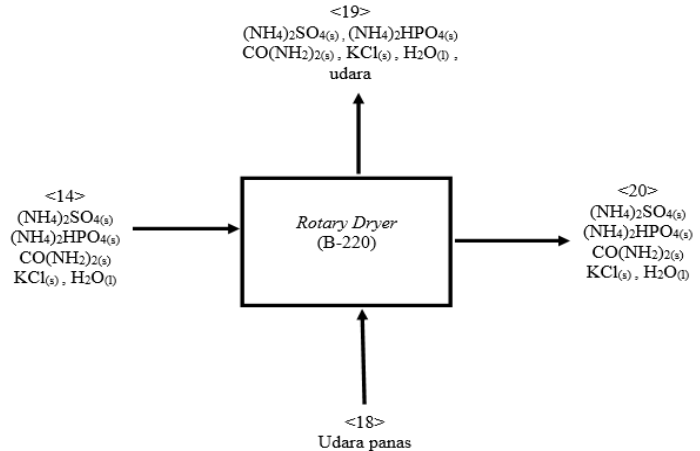
$$\begin{aligned}
 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ (dari aliran 10 + bahan baku + recycle)} \\
 &= 95994,44 + 65070,43 + 40601,32 \\
 &= 201666,18 \text{ kg} \\
 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \text{ (hasil reaksi + recycle)} \\
 &= 169601,48 + 42753,23 \\
 &= 212354,71 \text{ kg} \\
 \text{CO}(\text{NH}_2)_2 &= \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ (bahan baku + recycle)} \\
 &= 29706,07 + 7488,32 \\
 &= 37194,39 \text{ kg} \\
 \text{KCl} &= \text{KCl (bahan baku + recycle)} \\
 &= 130027,80 + 32777,48 \\
 &= 162805,27 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= \text{H}_2\text{O (total dari semua bahan + recycle)} \\
 &= 131125,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.5 Neraca Massa Granulator (S-210)

| MASUK | KELUAR |
|---|--|
| Aliran <9> dari R-110 | Aliran <14> ke B-220 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 95994,44 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 201666,18 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ 118207,09 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ 212354,71 |
| H ₃ PO ₄ 25183,25 | CO(NH ₂) ₂ 37194,39 |
| H ₂ O 127568,28 | KCl 162805,27 |
| 366953,06 | H ₂ O 131125,00 |
| Aliran <2> dari F-111 | 745145,55 |
| NH ₃ 29123,49 | Aliran <15> ke D118 |
| H ₂ O 146,349 | NH ₃ 2912,35 |
| 29269,84 | |
| Aliran <10> dari F-211 | |
| CO(NH ₂) ₂ 29706,07 | |
| H ₂ O 149,28 | |
| 29855,34 | |
| Aliran <11> dari F-212 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 65070,43 | |
| H ₂ O 65,14 | |
| 65135,57 | |
| Aliran <12> dari F-213 | |
| KCl 130027,80 | |
| H ₂ O 1313,41 | |
| 131341,21 | |
| Aliran<22&23>dari H-225 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 40601,32 | |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ 42753,23 | |
| CO(NH ₂) ₂ 7488,32 | |
| KCl 32777,48 | |

| | | |
|------------------|-----------|-----------|
| H ₂ O | 1882,54 | |
| | 125502,88 | |
| | 748057,90 | 748057,90 |

3. Rotary Dryer (B-220)



Fungsi : Mengurangi kadar air pupuk hingga 1,5% dari produk

Asumsi : debu yg terikut ke *cyclone* = 0,1%

Kadar air yang terkandung dalam produk (x)

$$\begin{aligned}
 1,5\% \text{ total produk} &= x \\
 1,5\% (99,9\% \text{ produk kering} + x) &= x \\
 1,5\% \times 613406,53 &= x - 1,5\% x \\
 9201,097973 &= 99\% x \\
 x &= 9341,22 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi kadar air yang terkandung di dalam produk = 9341,22 kg

Dengan cara yang sama diperoleh kadar air pada 0,1% produk yang lolos ke *cyclone* 9,35 kg

Neraca Massa di Rotary Dryer (B-220)

>> **Aliran Masuk**

>> Aliran <14> dari S-210

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 201666,18 \text{ kg}$$

| | | | |
|-------------------------------|---|-----------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 212354,71 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 37194,39 | kg |
| KCl | = | 162805,27 | kg |
| H_2O | = | 131125,00 | kg |

>> Aliran <18> dari E-222

Berdasarkan neraca panas kebutuhan udara dryer untuk produk

500 ton/hari memerlukan udara kering yaitu 1424238,11 kg/hari

>> **Aliran Keluar**

>> Aliran <20> ke H-225

| | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---------|---|-----------|---|-----------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | 99,9% | x | 201666,18 | = | 201464,52 | kg |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 99,9% | x | 212354,71 | = | 212142,35 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 99,9% | x | 37194,39 | = | 37157,19 | kg |
| KCl | = | 99,9% | x | 162805,27 | = | 162642,47 | kg |
| H_2O | = | 9341,22 | | | | | kg |

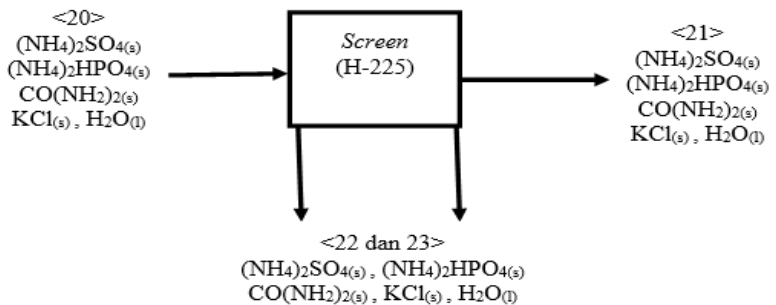
>> Aliran <19> ke H-313

| | | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|---|-----------|---|--------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | 0,1% | x | 201666,18 | = | 201,67 | kg |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 0,1% | x | 212354,71 | = | 212,35 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 0,1% | x | 37194,39 | = | 37,19 | kg |
| KCl | = | 0,1% | x | 162805,27 | = | 162,81 | kg |
| H_2O produk | = | 1,5% dari berat produk padat masuk cyclone | | | | | |
| | = | 9,35 | | | | | kg |

Udara + uap air = Udara + Total H_2O masuk - (H_2O ke H-313 + H_2O ke H-225)
= 1546012,54 kg

Tabel 3.6 Neraca Massa Rotary Dryer (B-220)

| MASUK | | KELUAR | |
|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|
| Aliran <14> dari S-210 | | Aliran <20> ke H-225 | |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 201666,18 | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 201464,52 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 212354,71 | $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 212142,35 |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 37194,39 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 37157,19 |
| KCl | 162805,27 | KCl | 162642,47 |
| H_2O | 131125,00 | H_2O | 9341,22 |
| | 745145,55 | | 622747,75 |
| Aliran <18> dari E-222 | | Aliran <19> ke H-313 | |
| Udara kering | 1424238,11 | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 201,67 |
| | | $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 212,35 |
| | | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 37,19 |
| | | KCl | 162,81 |
| | | H_2O | 9,35 |
| | | Udara+uap air | 1546012,54 |
| | | | 1546635,91 |
| | 2169383,66 | | 2169383,66 |

4. Screen (H-225)

Fungsi : Memisahkan produk menjadi 3 bagian, yaitu *onsize* (4-10 mesh), *undersize* dan *overize*.

Berdasarkan data dari PT.Petrokimia Gresik, diketahui bahwa batasan untuk produk *onsize* sebesar 80%, *undersize* 5% dan *oversize* sebesar 15%

Neraca Massa di Screen (H-225)

>> Aliran Masuk

>> Aliran <20> dari B-220

| | | | |
|-------------------------------|---|-----------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | 201464,52 | kg |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 212142,35 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 37157,19 | kg |
| KCl | = | 162642,47 | kg |
| H_2O | = | 9341,22 | kg |

>> Aliran Keluar

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Massa } \textit{Onsize} &= \frac{80}{100} \times 622747,75 \\ &= 498198,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Massa } \textit{Oversize} &= \frac{15}{100} \times 622747,75 \\ &= 93412,16 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Massa } \textit{Undersize} &= \frac{5}{100} \times 622747,75 \\ &= 31137,39 \text{ kg}\end{aligned}$$

>> Aliran <21> ke B-310

$$\begin{aligned}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= \frac{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ masuk} \times \text{total } \textit{onsize}}{\text{total masuk}} \\ &= \frac{201464,52 \times 498198,20}{622747,75} = 161171,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= \frac{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \text{ masuk} \times \text{total } \textit{onsize}}{\text{total masuk}} \\ &= \frac{212142,35 \times 498198,20}{622747,75} = 169713,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{CO(NH}_2)_2 = \frac{\text{CO(NH}_2)_2 \text{ masuk x total } \textit{onsize}}{\text{total masuk}}$$

$$= \frac{37157,19 \times 498198,20}{622747,75} = 29725,76 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = \frac{\text{KCl masuk x total } \textit{onsize}}{\text{total masuk}}$$

$$= \frac{162642,47 \times 498198,20}{622747,75} = 130114 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{H}_2\text{O masuk x total } \textit{onsize}}{\text{total masuk}}$$

$$= \frac{9341,22 \times 498198,20}{622747,75} = 7472,97 \text{ kg}$$

>> Aliran <23> ke C-226

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \frac{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ masuk x total } \textit{oversize}}{\text{total masuk}}$$

$$= \frac{201464,52 \times 93412,16}{622747,75} = 30219,68 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = \frac{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \text{ masuk x total } \textit{oversize}}{\text{total masuk}}$$

$$= \frac{212142,35 \times 93412,16}{622747,75} = 31821,35 \text{ kg}$$

$$\text{CO(NH}_2)_2 = \frac{\text{CO(NH}_2)_2 \text{ masuk x total } \textit{oversize}}{\text{total masuk}}$$

$$= \frac{37157,19 \times 93412,16}{622747,75} = 5573,58 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = \frac{\text{KCl masuk x total } \textit{oversize}}{\text{total masuk}}$$

$$= \frac{162642,47 \times 93412,16}{622747,75} = 24396,37 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{H}_2\text{O masuk x total } \textit{oversize}}{\text{total masuk}} \\
 &= \frac{9341,22 \times 93412,16}{622747,75} = 1401,18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

>> Aliran <22> ke J-215

$$\begin{aligned}
 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= \frac{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ masuk x total } \textit{undersize}}{\text{total masuk}} \\
 &= \frac{201464,52 \times 31137,39}{622747,75} = 10073,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= \frac{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \text{ masuk x total } \textit{undersize}}{\text{total masuk}} \\
 &= \frac{212142,35 \times 31137,39}{622747,75} = 10607,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CO}(\text{NH}_2)_2 &= \frac{\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ masuk x total } \textit{undersize}}{\text{total masuk}} \\
 &= \frac{37157,19 \times 31137,39}{622747,75} = 1857,86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

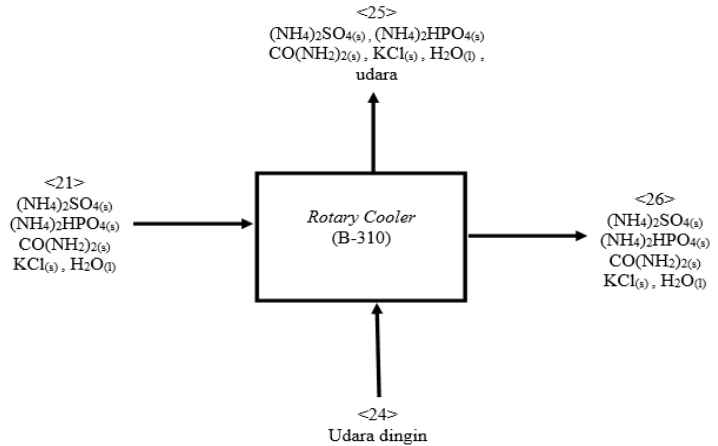
$$\begin{aligned}
 \text{KCl} &= \frac{\text{KCl masuk x total } \textit{undersize}}{\text{total masuk}} \\
 &= \frac{162642,47 \times 31137,39}{622747,75} = 8132,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{H}_2\text{O masuk x total } \textit{undersize}}{\text{total masuk}} \\
 &= \frac{9341,22 \times 31137,39}{622747,75} = 467,06 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.7 Neraca Massa Screen (H-225)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-----------|--|-----------|
| Aliran <20> dari B-220 | | Aliran <21> ke B-310 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 201464,52 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161171,61 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 212142,35 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169713,88 |
| CO(NH ₂) ₂ | 37157,19 | CO(NH ₂) ₂ | 29725,76 |
| KCl | 162642,47 | KCl | 130113,97 |
| H ₂ O | 9341,22 | H ₂ O | 7472,97 |
| | | | 498198,20 |
| | | Aliran <23> ke C-226 | |
| | | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 30219,68 |
| | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 31821,35 |
| | | CO(NH ₂) ₂ | 5573,58 |
| | | KCl | 24396,37 |
| | | H ₂ O | 1401,18 |
| | | | 93412,16 |
| | | Aliran <22> ke J-215 | |
| | | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 10073,23 |
| | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 10607,12 |
| | | CO(NH ₂) ₂ | 1857,86 |
| | | KCl | 8132,12 |
| | | H ₂ O | 467,06 |
| | | | 31137,39 |
| 622747,75 | | 622747,75 | |

5. Rotary Cooler (B-310)



Fungsi : Mendinginkan produk sebelum menuju ke proses *coating*

Asumsi: debu yg terikut ke *cyclone* = 0,1%

Neraca Massa di Rotary Cooler (B-310)

>> Aliran Masuk

>> Aliran <21> dari H-225

| | | | |
|-------------------------------|---|-----------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | 161171,61 | kg |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 169713,88 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 29725,76 | kg |
| KCl | = | 130113,97 | kg |
| H_2O | = | 7472,97 | kg |

>> Aliran <24> dari E-312

Berdasarkan neraca panas kebutuhan udara *rotary cooler* untuk produk 500 ton/hari memerlukan udara kering yaitu

713732,025 kg/hari

>> Aliran Keluar

>> Aliran <26> ke X-320

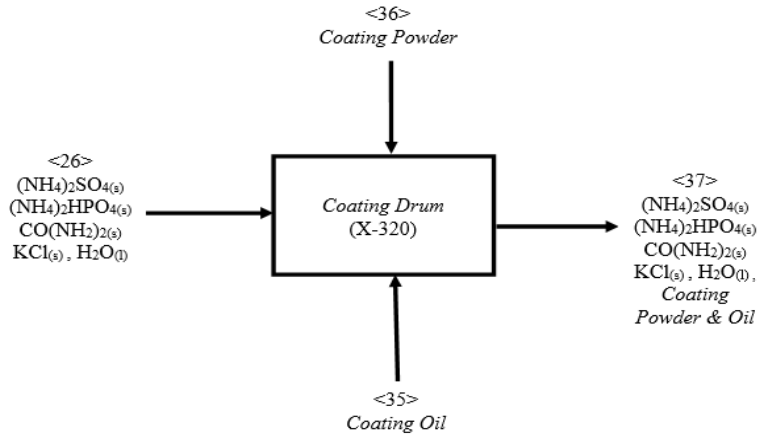
| | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|---|-----------|---|----------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | 99,9% | x | 161171,61 | = | 161010,4 | kg |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 99,9% | x | 169713,88 | = | 169544,2 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 99,9% | x | 29725,76 | = | 29696,03 | kg |

| | | | | | | | |
|--|---|-------|---|-----------|---|----------|----|
| KCl | = | 99,9% | x | 130113,97 | = | 129983,9 | kg |
| H ₂ O | = | 99,9% | x | 7472,97 | = | 7465,50 | kg |
| >> Aliran <25> ke H-313 | | | | | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | = | 0,1% | x | 161171,61 | = | 161,17 | kg |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | = | 0,1% | x | 169713,88 | = | 169,71 | kg |
| CO(NH ₂) ₂ | = | 0,1% | x | 29725,76 | = | 29,73 | kg |
| KCl | = | 0,1% | x | 130113,97 | = | 130,11 | kg |
| H ₂ O | = | 0,1% | x | 7472,97 | = | 7,47 | kg |

Tabel 3.8 Neraca Massa Rotary Cooler (B-310)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-----------|--|-----------|
| Aliran <21> dari H-225 | | Aliran <26> ke X-320 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161171,61 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169713,88 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 |
| CO(NH ₂) ₂ | 29725,76 | CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 |
| KCl | 130113,97 | KCl | 129983,86 |
| H ₂ O | 7472,97 | H ₂ O | 7465,50 |
| | 498198,20 | | 497700,00 |
| Aliran <24> dari E-312 | | Aliran <25> ke H-313 | |
| Udara | 713732,03 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161,17 |
| | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169,71 |
| | | CO(NH ₂) ₂ | 29,73 |
| | | KCl | 130,11 |
| | | H ₂ O | 7,47 |
| | | Udara | 713732,03 |
| | | | 714230,22 |
| 1211930,22 | | 1211930,22 | |

6. Coating Drum (X-320)

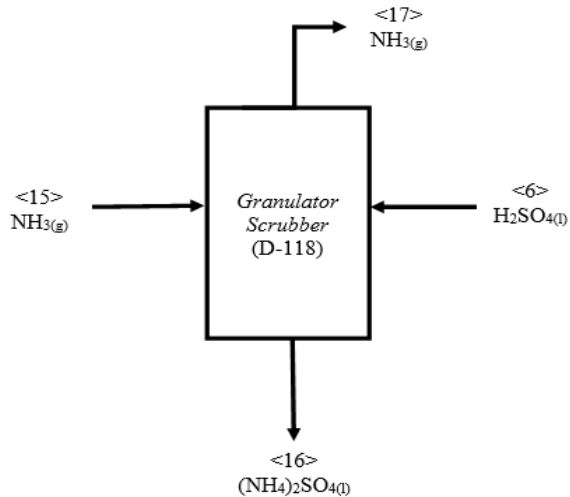


Fungsi : Melapisi produk NPK dengan *coating oil* dan *coating powder* agar tidak terjadi *caking*. *Coating oil* yang ditambahkan 2,2 kg/ton produk sedangkan *coating powder* 2,4 kg/ ton produk (*Manual Book Petrokimia, 2012*)

- *Coating Powder* = 2,2 kg/ton produk
 = 2,2 x 500 ton/hari
 = 1100 kg
- *Coating Oil* = 2,4 kg/ton produk
 = 2,4 x 500 ton/hari
 = 1200 kg

Tabel 3.9 Neraca Massa Coating Drum (X-320)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-----------|--|-----------|
| Aliran <26> dari B-310 | | Aliran <37> ke J-327 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 |
| CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 | CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 |
| KCl | 129983,86 | KCl | 129983,86 |
| H ₂ O | 7465,50 | H ₂ O | 7465,50 |
| | 497700,00 | C.Powder | 1100,00 |
| Aliran <36> dari F-323 | | C.Oil | 1200,00 |
| C.Powder | 1100 | | 500000,00 |
| Aliran <35> dari F-325 | | | |
| C.Oil | 1200 | | |
| | 500000,00 | | 500000,00 |

7. Granulator Scrubber (D-118)

Fungsi : Menyerap gas NH₃ yang lepas dari *granulator*

Neraca Massa di Granulator Scrubber (D-118)>> **Aliran Masuk**

>> Aliran <15> dari S-210

$$\text{NH}_3 = 2912,35 \text{ kg}$$

$$\text{Mol NH}_3 = \frac{\text{Massa NH}_3}{\text{BM NH}_3} = \frac{2912,35}{17,00} = 171,31 \text{ mol}$$

>> Aliran <6> dari F-112

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} = 8480,07 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni} = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} \times \text{Fraksi}$$

$$= 8480,07 \times 0,980$$

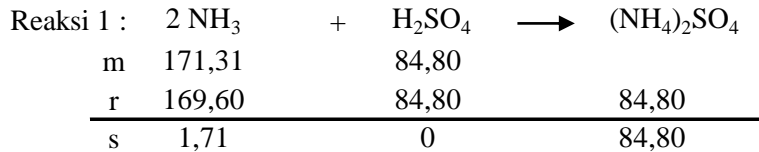
$$= 8310,47 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} - \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni}$$

$$= 8480,07 - 8310,47$$

$$= 169,60 \text{ kg}$$

$$\text{Mol H}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni}}{\text{BM H}_2\text{SO}_4} = \frac{8310,47}{98,00} = 84,80 \text{ mol}$$

Reaksi di Granulator Scrubber>> **Aliran Keluar**

>> Aliran <16> ke R110

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \text{mol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ terbentuk} \times \text{BM } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$

$$= 84,80 \times 132 = 11193,70 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O dari H}_2\text{SO}_4 = 169,60 \text{ kg}$$

>> Aliran <17> ke D-315

$$\text{NH}_3 = \text{mol NH}_3 \text{ sisa} \times \text{BM NH}_3$$

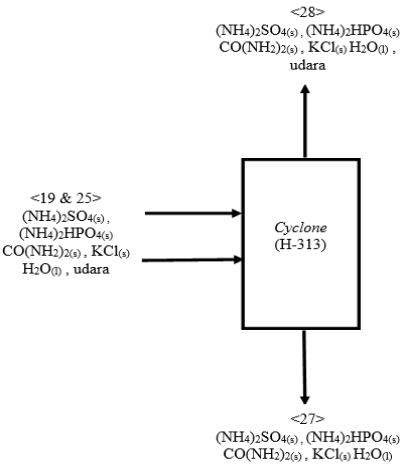
$$= 1,71 \times 17$$

$$= 29,12 \text{ kg}$$

Tabel 3.10 Neraca Massa Granulator Scrubber (D-118)

| MASUK | KELUAR |
|--|--|
| Aliran <15> dari S-210 | Aliran <16> ke R110 |
| NH ₃ 2912,35 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 11193,70 |
| Aliran <6> dari F-112 | H ₂ O 169,60 |
| H ₂ SO ₄ 8310,47 | 11363,30 |
| H ₂ O 169,60 | Aliran <17> ke D-315 |
| 8480,07 | NH ₃ 29,12 |
| 11392,42 | 11392,42 |

8. Cyclone (H-313)



Fungsi: Mereduksi debu dari *rotary dryer*. Asumsi debu lolos ke *dryer scrubber* = 15%

>> Aliran Masuk

>> Aliran <19> dari B-220

(NH₄)₂SO₄ = 201,67 kg
(NH₄)₂HPO₄ = 212,35 kg
CO(NH₂)₂ = 37,19 kg

| | | | |
|--|---|------------|----|
| KCl | = | 162,81 | kg |
| H ₂ O | = | 9,35 | kg |
| Udara Kering | = | 1546012,54 | kg |
| >> Aliran <25> dari B-310 | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | = | 161,17 | kg |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | = | 169,71 | kg |
| CO(NH ₂) ₂ | = | 29,73 | kg |
| KCl | = | 130,11 | kg |
| H ₂ O | = | 7,47 | kg |
| Udara Kering | = | 713732,03 | kg |

>> **Aliran Keluar**

>> Aliran <27> ke J-215

| | | | | | |
|--|---|-----|---|--|-------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | = | 85% | x | total (NH ₄) ₂ SO ₄ dalam cyclone | |
| | = | 85% | x | 362,84 | = 308,41 kg |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | = | 85% | x | total (NH ₄) ₂ HPO ₄ dalam cyclone | |
| | = | 85% | x | 382,07 | = 324,76 kg |
| CO(NH ₂) ₂ | = | 85% | x | total CO(NH ₂) ₂ dalam cyclone | |
| | = | 85% | x | 66,92 | = 56,88 kg |
| KCl | = | 85% | x | total KCl dalam cyclone | |
| | = | 85% | x | 292,92 | = 248,98 kg |
| H ₂ O | = | 85% | x | total H ₂ O dalam produk cyclone | |
| | = | 85% | x | 16,82 | = 14,30 kg |

>> Aliran <28> ke D-314

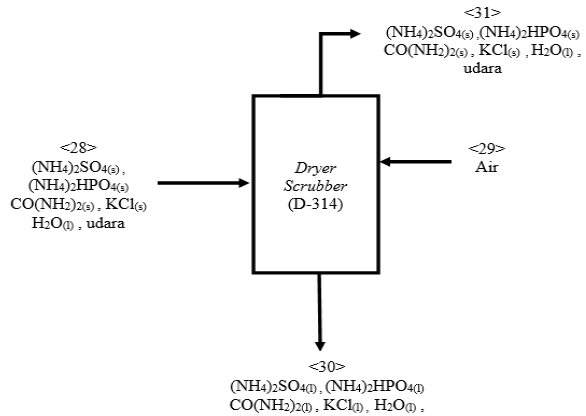
| | | | | | |
|--|---|-----|---|--|------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | = | 15% | x | total (NH ₄) ₂ SO ₄ dalam cyclone | |
| | = | 15% | x | 362,84 | = 54,43 kg |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | = | 15% | x | total (NH ₄) ₂ HPO ₄ dalam cyclone | |
| | = | 15% | x | 382,07 | = 57,31 kg |
| CO(NH ₂) ₂ | = | 15% | x | total CO(NH ₂) ₂ dalam cyclone | |
| | = | 15% | x | 66,92 | = 10,04 kg |
| KCl | = | 15% | x | total KCl dalam cyclone | |

$$\begin{array}{rclcl}
 & = & 15\% & \times & 292,92 & = & 43,94 & \text{kg} \\
 \text{H}_2\text{O} & = & \text{sisa H}_2\text{O cyclone} & = & 2,52 & \text{kg}
 \end{array}$$

Tabel 3.11 Neraca Massa Cyclone (H-313)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|------------|--|------------|
| Aliran <19> dari B-220 | | Aliran <27> ke J-215 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 201,67 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 308,41 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 212,35 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 324,76 |
| CO(NH ₂) ₂ | 37,19 | CO(NH ₂) ₂ | 56,88 |
| KCl | 162,81 | KCl | 248,98 |
| H ₂ O | 9,35 | H ₂ O | 14,30 |
| Udara Dryer | 1546012,54 | | 953,33 |
| | 1546635,91 | Aliran <28> ke D-314 | |
| Aliran <25> dari B-310 | | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,43 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161,17 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,31 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169,71 | CO(NH ₂) ₂ | 10,04 |
| CO(NH ₂) ₂ | 29,73 | KCl | 43,94 |
| KCl | 130,11 | H ₂ O | 2,52 |
| H ₂ O | 7,47 | Udara Dryer | 1546012,54 |
| Udara Cooler | 713732,03 | Udara Cooler | 713732,03 |
| | 714230,22 | | 2259912,80 |
| | 2260866,13 | | 2260866,13 |

9. Dryer Scrubber (D-314)



Fungsi: Menyerap debu dari cyclone. Asumsi debu lolos ke tail gas scrubber = 0,1%

>> Aliran Masuk

>> Aliran <28> dari H-313

| | | | |
|-------------------------------|---|------------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | 54,43 | kg |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 57,31 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 10,04 | kg |
| KCl | = | 43,94 | kg |
| H_2O | = | 2,52 | kg |
| Udara Dryer | = | 1546012,54 | kg |
| Udara Cooler | = | 713732,03 | kg |

>> Aliran <29> dari WP

Air yang digunakan untuk scrubber berkisar $0,67\text{--}1,4 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^3$ gas (Othmer, volume 1)

$$\begin{aligned}
 \text{air yang dibutuhkan} &= \frac{0,67 \times \text{Gas di Scrubber}}{1000} \\
 &= \frac{0,67 \times 2259912,8}{1000} \\
 &= 1514,142 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

>> **Aliran Keluar**

>> Aliran <30> ke F-317

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 99,0\% \times \text{total } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 99,0\% \times 54,43 = 53,88 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 99,0\% \times \text{total } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 99,0\% \times 54,43 = 53,88 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 99,0\% \times \text{total } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 99,0\% \times 57,31 = 56,74 \text{ kg}$$

$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 99,0\% \times \text{total } \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 99,0\% \times 10,04 = 9,94 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = 99,0\% \times \text{total KCl di dryer scrubber}$$

$$= 99,0\% \times 43,94 = 43,50 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O dari wp} + \text{H}_2\text{O masuk dryer scrubber}$$

$$= 1516,67 \text{ kg}$$

>> Aliran <31> ke D-315

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 1,0\% \times \text{total } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 1,0\% \times 54,43 = 0,54 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 1,0\% \times \text{total } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 1,0\% \times 54,43 = 0,54 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 1,0\% \times \text{total } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 1,0\% \times 57,31 = 0,57 \text{ kg}$$

$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 1,0\% \times \text{total } \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ di dryer scrubber}$$

$$= 1,0\% \times 10,04 = 0,10 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = 1,0\% \times \text{total KCl di dryer scrubber}$$

$$= 1,0\% \times 43,94 = 0,44 \text{ kg}$$

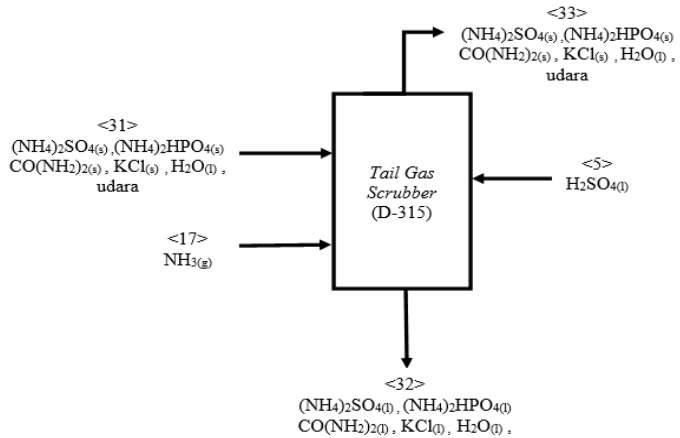
$$\text{H}_2\text{O} = \text{sisir H}_2\text{O}$$

$$= 0,00 \text{ kg}$$

Tabel 3.12 Neraca Massa Dryer Scrubber (D-314)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|------------|--|------------|
| Aliran <28> dari H-313 | | Aliran <30> ke F-317 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,43 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,37 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,31 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,25 |
| CO(NH ₂) ₂ | 10,04 | CO(NH ₂) ₂ | 10,03 |
| KCl | 43,94 | KCl | 43,89 |
| H ₂ O | 2,52 | H ₂ O | 1516,67 |
| Udara Dryer | 1546012,54 | | 1682,21 |
| Udara Cooler | 713732,03 | Aliran <31> ke D-315 | |
| | 2259912,80 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,05 |
| Aliran <29> dari WP | | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 |
| Air | 1514,14 | CO(NH ₂) ₂ | 0,01 |
| | | KCl | 0,04 |
| | | H ₂ O | 0,00 |
| | | Udara Dryer | 1546012,54 |
| | | Udara Cooler | 713732,03 |
| | | | 2259744,73 |
| | 2261426,94 | | 2261426,94 |

10. Tail Gas Scrubber (D-315)



Fungsi : Menyerap gas NH_3 dari *Granulator Scrubber* dan debu dari *Dryer Scrubber*

Neraca Massa di *Tail Gas Scrubber (D-315)*

>> Aliran Masuk

>> Aliran <17> dari D-118

$$\text{NH}_3 = 29,12 \text{ kg}$$

$$\text{Mol NH}_3 = \frac{\text{Massa NH}_3}{\text{BM NH}_3} = \frac{29,12}{17,00} = 1,71 \text{ mol}$$

>> Aliran <5> dari F-112

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} = 84,80 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni} = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} \times \text{Fraksi}$$

$$= 84,80 \times 0,980$$

$$= 83,10 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ masuk} - \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni}$$

$$= 84,80 - 83,10$$

$$= 1,70 \text{ kg}$$

$$\text{Mol H}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ murni}}{\text{BM H}_2\text{SO}_4} = \frac{83,10}{98,00} = 0,85 \text{ mol}$$

Reaksi di Tail Gas Scrubber

| | | | | | |
|------------|------------------|---|-------------------------|-------------------|------------------------------|
| Reaksi 1 : | 2 NH_3 | + | H_2SO_4 | \longrightarrow | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| m | 1,71 | | 0,85 | | |
| r | 1,70 | | 0,85 | | 0,85 |
| s | 0,02 | | 0 | | 0,85 |

>> Aliran <31> dari D-314

| | | | |
|-------------------------------|---|------------|----|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | 0,05 | kg |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | = | 0,06 | kg |
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | = | 0,01 | kg |
| KCl | = | 0,04 | kg |
| H_2O | = | 0,00 | kg |
| Udara Dryer | = | 1546012,54 | kg |
| Udara Cooler | = | 713732,03 | kg |

>> **Aliran Keluar**

>> Aliran <32> ke F-317

| | | |
|------------------------------|---|--|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | = | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (dryer scrub+reaksi-0,1% dryer scrub) |
| | = | 0,05 + 111,9 - 0,0005 |
| | = | 111,99 kg |
| H_2O | = | H_2O dari H_2SO_4 |
| | = | 1,70 kg |

Asumsi debu yang lolos ke udara = 1%

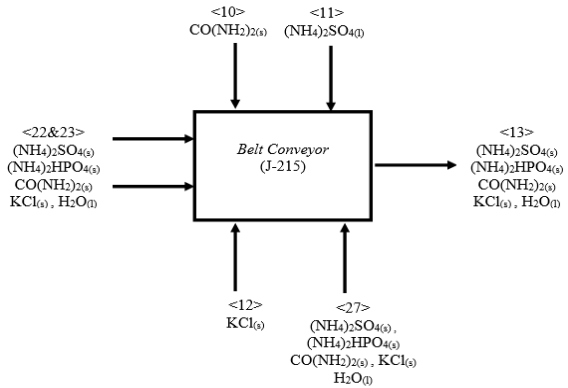
>> Aliran <33> ke Udara

| | | |
|----------------------|---|--|
| NH_3 | = | mol NH_3 sisa x BM NH_3 |
| | = | 0,02 x 17 |
| | = | 0,29 kg |
| H_2O | = | H_2O dari Dryer Scrubber (uap air) |
| | = | 0,00 kg |

Tabel 3.13 Neraca Massa *Tail Gas Scrubber* (D-315)

| MASUK | KELUAR |
|---|--|
| Aliran <17> dari D-118 | Aliran <32> ke F-317 |
| NH ₃ 29,12 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 111,99 |
| Aliran <31> dari D-314 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ 0,06 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 0,05 | CO(NH ₂) ₂ 0,01 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ 0,06 | KCl 0,04 |
| CO(NH ₂) ₂ 0,01 | H ₂ O 1,70 |
| KCl 0,04 | 113,80 |
| H ₂ O 0,00 | Aliran <33> ke Udara |
| Udara Dryer 1546012,54 | NH ₃ 0,29 |
| Udara Cooler 713732,03 | (NH ₄) ₂ SO ₄ 0,00 |
| 2259744,73 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ 0,00 |
| Aliran <5> dari F-112 | CO(NH ₂) ₂ 0,00 |
| H ₂ SO ₄ 83,10 | KCl 0,00 |
| H ₂ O 1,70 | H ₂ O 0,00 |
| 84,80 | Udara Dryer 1546012,54 |
| | Udara Cooler 713732,03 |
| | 2259744,86 |
| 2259858,65 | 2259858,65 |

11. Belt Conveyor (J-215)



>> Aliran Masuk

>> Aliran <10> dari F-211

$$\text{CO(NH}_2)_2 = 29706,07 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 149,28 \text{ kg}$$

>> Aliran <11> dari F-212

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 65070,43 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 65,14 \text{ kg}$$

>> Aliran <12> dari F-213

$$\text{KCl} = 130027,80 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 1313,41 \text{ kg}$$

>> Aliran <22&23> dari J-215

Aliran <22&23> merupakan *recycle* yang berasal dari aliran 22 (produk undersize dari H-225), dari aliran 23 (produk *oversize* dari H-225), dan aliran 27 (produk dari H-313)

>> Aliran <22> dari H-225

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 10073,23 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 10607,12 \text{ kg}$$

$$\text{CO(NH}_2)_2 = 1857,86 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = 8132,12 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 467,06 \text{ kg}$$

>> Aliran <23> dari H-225

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 30219,68 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 31821,35 \text{ kg}$$

$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 5573,58 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = 24396,37 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 1401,18 \text{ kg}$$

>> Aliran <27> dari H-313

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 308,41 \text{ kg}$$

$$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 324,76 \text{ kg}$$

$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 56,88 \text{ kg}$$

$$\text{KCl} = 248,98 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 14,30 \text{ kg}$$

Aliran <22&23> dari J-215

$$\begin{aligned} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 &= \text{Aliran } \langle 22 \rangle + \text{Aliran } \langle 23 \rangle + \text{Aliran } \langle 27 \rangle \\ &= 10073,23 + 30219,68 + 308,41 \\ &= 40601,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= \text{Aliran } \langle 22 \rangle + \text{Aliran } \langle 23 \rangle + \text{Aliran } \langle 27 \rangle \\ &= 10607,12 + 31821,35 + 324,76 \\ &= 42753,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}(\text{NH}_2)_2 &= \text{Aliran } \langle 22 \rangle + \text{Aliran } \langle 23 \rangle + \text{Aliran } \langle 27 \rangle \\ &= 1857,86 + 5573,58 + 56,88 \\ &= 7488,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KCl} &= \text{Aliran } \langle 22 \rangle + \text{Aliran } \langle 23 \rangle + \text{Aliran } \langle 27 \rangle \\ &= 8132,12 + 24396,37 + 248,98 \\ &= 32777,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= \text{Aliran } \langle 22 \rangle + \text{Aliran } \langle 23 \rangle + \text{Aliran } \langle 27 \rangle \\ &= 467,06 + 1401,18 + 14,30 \\ &= 1882,54 \text{ kg} \end{aligned}$$

>> **Aliran Keluar**

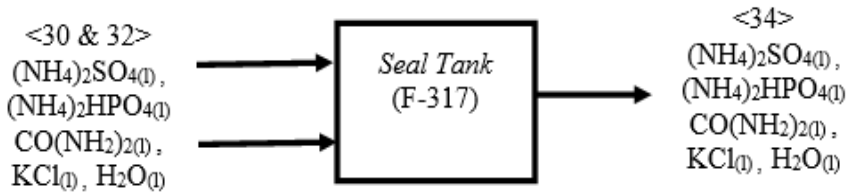
>> Aliran <13> ke S-210

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \text{Aliran } \langle 11 \rangle + \text{Aliran } \langle 22 \&23 \rangle$$

$$\begin{aligned}
 &= 65070,43 + 40601,32 = 105671,75 \text{ kg} \\
 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 &= \text{Aliran } \langle 22 \& 23 \rangle = 42753,23 \\
 \text{CO}(\text{NH}_2)_2 &= \text{Aliran } \langle 10 \rangle + \text{Aliran } \langle 22 \& 23 \rangle \\
 &= 29706,07 + 7488,32 = 37194,39 \text{ kg} \\
 \text{KCl} &= \text{Aliran } \langle 12 \rangle + \text{Aliran } \langle 22 \& 23 \rangle \\
 &= 130027,80 + 32777,48 = 162805,27 \text{ kg} \\
 \text{H}_2\text{O} &= \text{Total dari aliran } \langle 10 \rangle, \langle 11 \rangle, \langle 12 \rangle, \text{ dan } \langle 22 \& 23 \rangle \\
 &= 3410,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.14 Neraca Massa *Belt Conveyor* (J-215)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|-----------|--|-----------|
| Aliran <10> dari F-211 | | Aliran <13> ke S-210 | |
| CO(NH ₂) ₂ | 29706,07 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 105671,75 |
| H ₂ O | 149,28 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 42753,23 |
| | 29855,34 | CO(NH ₂) ₂ | 37194,39 |
| Aliran <11> dari F-212 | | KCl | 162805,27 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 65070,43 | H ₂ O | 3410,37 |
| H ₂ O | 65,14 | | |
| | 65135,57 | | |
| Aliran <12> dari F-213 | | | |
| KCl | 130027,80 | | |
| H ₂ O | 1313,41 | | |
| | 131341,21 | | |
| Aliran <22&23> dari J-215 | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 40601,32 | | |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 42753,23 | | |
| CO(NH ₂) ₂ | 7488,32 | | |
| KCl | 32777,48 | | |
| H ₂ O | 1882,54 | | |
| | 125502,88 | | |
| | 351835,01 | | 351835,01 |

12. Seal Tank (F-317)>> **Aliran Masuk**

>> Aliran <30> dari D-314

| | | | |
|-----------------|---|---------|----|
| $(NH_4)_2SO_4$ | = | 54,37 | kg |
| $(NH_4)_2HPO_4$ | = | 57,25 | kg |
| $CO(NH_2)_2$ | = | 10,03 | kg |
| KCl | = | 43,89 | kg |
| H_2O | = | 1516,67 | kg |

>> Aliran <32> dari D-315

| | | | |
|-----------------|---|--------|----|
| $(NH_4)_2SO_4$ | = | 111,99 | kg |
| $(NH_4)_2HPO_4$ | = | 0,06 | kg |
| $CO(NH_2)_2$ | = | 0,01 | kg |
| KCl | = | 0,04 | kg |
| H_2O | = | 1,70 | kg |

>> **Aliran Keluar**

>> Aliran <34> ke WWTP

| | | | | | | | |
|-----------------|---|-------------|---|-------------|---|---------|----|
| $(NH_4)_2SO_4$ | = | Aliran <30> | + | Aliran <35> | = | 166,36 | kg |
| $(NH_4)_2HPO_4$ | = | Aliran <30> | + | Aliran <35> | = | 57,31 | kg |
| $CO(NH_2)_2$ | = | Aliran <30> | + | Aliran <35> | = | 10,04 | kg |
| KCl | = | Aliran <30> | + | Aliran <35> | = | 43,94 | kg |
| H_2O | = | Aliran <30> | + | Aliran <35> | = | 1518,36 | kg |

Tabel 3.15 Neraca Massa Seal Tank (F-317)

| MASUK | | KELUAR | |
|--|---------|--|---------|
| Aliran <30> dari D-314 | | Aliran <34> ke WWTP | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,37 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 166,36 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,25 | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,31 |
| CO(NH ₂) ₂ | 10,03 | CO(NH ₂) ₂ | 10,04 |
| KCl | 43,89 | KCl | 43,94 |
| H ₂ O | 1516,67 | H ₂ O | 1518,36 |
| | 1682,21 | | |
| Aliran <32> dari D-315 | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 111,99 | | |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 | | |
| CO(NH ₂) ₂ | 0,01 | | |
| KCl | 0,04 | | |
| H ₂ O | 1,70 | | |
| | 113,80 | | |
| | 1796,01 | | 1796,01 |

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Kapasitas | = 150.000 ton Pupuk NPK/tahun |
| | = 500 ton/hari |
| | = 500000 kg/hari |
| Waktu Operasi | = 300 hari/tahun |
| | = 24 jam/hari |
| Satuan Panas | = Kkal |
| Suhu (T) <i>Reference</i> | = 25 °C |
| Basis waktu | = 1 hari |

Tabel B.1 *Raw Phosporic acid Specific Heat*

| % P ₂ O ₅ | Spesific Heat |
|---------------------------------|---------------|
| | (kkal/kg °C) |
| 55 | 0,37 |
| 53 | 0,4 |
| 51 | 0,42 |
| 49 | 0,44 |
| 47 | 0,46 |
| 45 | 0,49 |
| 43 | 0,51 |
| 41 | 0,53 |
| 39 | 0,55 |
| 37 | 0,58 |

(Sumber: Teknologi Incro, PT. Petrokimia Gresik)

Tabel B.2 Sulphuric acid Specific Heat

| %H ₂ SO ₄ | Spesific Heat |
|---------------------------------|---------------|
| | (kkal/kg °C) |
| 100 | 0,38 |
| 95 | 0,41 |
| 90 | 0,45 |
| 85 | 0,47 |
| 80 | 0,48 |
| 75 | 0,5 |
| 70 | 0,52 |
| 65 | 0,54 |
| 60 | 0,57 |
| 55 | 0,6 |

(Sumber : Teknologi Incro, PT.Petrokimia Gresik)

Tabel B.3 Kapasitas Panas (Cp) beberapa Senyawa pada suhu referensi T= 25°C

| Senyawa | Spesific Heat (kkal/kg °C) | Keterangan |
|---|-------------------------------|------------|
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 0,35 | Tabel 3 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,41 | Tabel 3 |
| CO(NH ₂) ₂ | 0,32 | Tabel 3 |
| KCl | 0,19 | Tabel 3 |
| NH ₃ (g) | 0,4 | Tabel 3 |
| NH ₃ (l) | 1,1 | Tabel 3 |
| H ₃ PO ₄ | 0,43 | Tabel 10 |
| H ₂ SO ₄ | 0,39 | Tabel 14 |
| H ₂ O (l) | 1,00 | Tabel A-2 |
| H ₂ O (g) | 0,44 | Tabel A-1 |
| Udara kering | 0,24 | Tabel A-1 |

(Sumber : Teknologi Incro, PT.Petrokimia Gresik)

Tabel B.4 *Element Contributions to Solid Heat Capacity*

| Elemen Atom | ΔE |
|--------------------|------------------------------|
| H | 7,56 |
| N | 18,76 |
| O | 13,42 |
| S | 12,36 |
| C | 10,89 |
| P | 26,63 |

Sumber : Tabel 2-350 Chapter 2 Chemical engineers' Handbook (Perry, 2008)

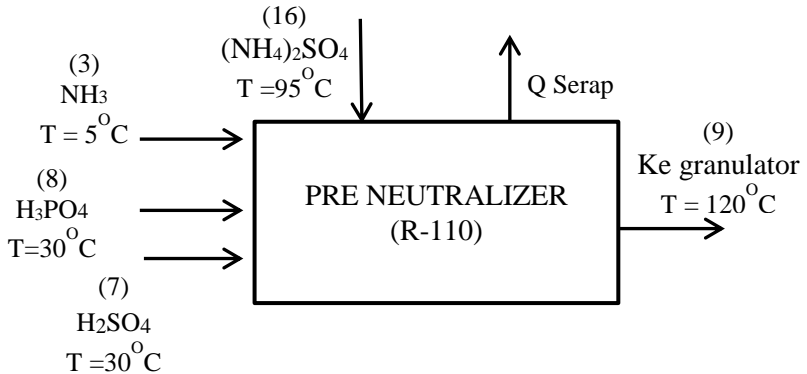
Tabel B.5 Data Panas Pembentukan

| Senyawa | ΔH_f | | |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|
| | kJ/gmol | (kJ/kgmol) | (kkal/kgmol) |
| NH ₃ | -67,20 | -67200,00 | -16061,19 |
| H ₂ SO ₄ | -907,51 | -907510,00 | -216900,10 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | -1173,1 | -1173100,00 | -280377,63 |
| H ₃ PO ₄ | -1278 | -1278000,00 | -305449,33 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | -1445,07 | -1445070,00 | -345380,02 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | -1566,91 | -1566910,00 | -374500,48 |

Sumber : Appendixes Tabel F-1 Basic Principles And Calculation In Chemical Engineering (Himmelblau, 1962).

1. Pre-Neutralizer Reactor (R-110)

Fungsi : Menetralkan H_3PO_4 dan H_2SO_4 menggunakan NH_3 , sehingga membentuk ZA cair dan MAP yang akan bereaksi lebih lanjut menjadi DAP (PT. Petrokimia, Gresik)

Diagram Neraca Panas Pre-Neutralizer Reactor (R-110)**Aliran (3)**

Suhu bahan masuk 5 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_3 (kkal) |
|----------------------|------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| NH_3 | 39316,71 | -20 | 1,1 | -864967,5311 |
| H_2O | 197,57 | -20 | 1,0 | -3944,986 |
| Total | | | | -868912,518 |

Aliran (8)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_8 (kkal) |
|-------------------------|------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| H_3PO_4 | 125916,25 | 5 | 0,43 | 270719,9329 |
| H_2O | 125916,25 | 5 | 1,0 | 628555,021 |
| Total | | | | 899274,955 |

Aliran (7)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_7 (kkal) |
|--------------------------------|------------|-----------------|----------------|---------------------|
| H ₂ SO ₄ | 64242,98 | 5 | 0,39 | 125916,2478 |
| H ₂ O | 1284,86 | 5 | 1,0 | 6413,826 |
| Total | | | | 132330,075 |

Aliran (16)

Suhu bahan masuk 95 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{32} (kkal) |
|---|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 11193,70 | 70 | 0,4100 | 321259,1172 |
| H ₂ O | 169,60 | 70 | 0,9984 | 11852,75184 |
| Total | | | | 333111,869 |

Aliran (9)

Suhu bahan keluar 120 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_9 (kkal) |
|---|------------|-----------------|----------------|---------------------|
| H ₃ PO ₄ | 25183,25 | 95 | 0,43 | 1028735,745 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 95994,44 | 95 | 0,4100 | 3738983,275 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 118207,09 | 95 | 0,3500 | 3930385,736 |
| H ₂ O | 127568,28 | 95 | 0,9984 | 12099232,69 |
| Total | | | | 20797337,444 |

Reaksi I

| | | | | | |
|-----------|----------------|---|-------------------------|---------------|------------------------------|
| | 2NH_3 | + | H_2SO_4 | \rightarrow | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| mula-mula | 2312,7 | | 642,4 | | |
| reaksi | 1284,9 | | 642,4 | | 642,4 |
| sisa | 1027,9 | | 0,00 | | 642,4 |

Panas reaksi padaa keadaan standar (25°C) :

| Komponen | n (kgmol) | ΔH_f (kkal/kgmol) | n x ΔH_f (kkal) | Cp (kkal/kgmol) |
|------------------------------|-----------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| NH_3 | 1284,86 | -16061,19 | -41272738,98 | 1,10 |
| H_2SO_4 | 642,43 | -216900,10 | -139343092,84 | 0,39 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 642,43 | -280377,63 | -180122954,25 | 0,41 |

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{25} &= (n \times \Delta H_f \text{ produk}) - (n \times \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= -180122954,25 - (-180615831,82) \\
 &= 492877,57 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{produk}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\
 &= (n \times \text{Cp } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \times (\text{Treaktor} - \text{Tref}) \\
 &= 25022,642 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaktan}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\
 &= (n \times \text{Cp } (\text{H}_2\text{SO}_4) \times (\text{Tref} - \text{Treaktor})) + (n \times \text{Cp } (\text{NH}_3) \times (\text{Tref} - \text{Treaktor})) \\
 &= -3006,571 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{R1} &= \Delta H_{25} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= 492877,57 + 25022,642 + (-3006,571) \\
 &= 520906,79 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Reaksi II

| | | | | | |
|-----------|-------------------------|---|---------------|---------------|------------------------------------|
| | H_3PO_4 | + | NH_3 | \rightarrow | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ |
| Mula-mula | 1027,9 | | 1284,9 | | |
| Reaksi | 1027,9 | | 1027,9 | | 1027,9 |
| Sisa | 0,00 | | 257,0 | | 1027,9 |

Panas reaksi padaa keadaan standar (25°C) :

| Komponen | n (kgmol) | ΔH_f (kkal/kgmol) | n x ΔH_f (kkal) | Cp (kkal/kgmol) |
|--|--------------|------------------------------|----------------------------|--------------------|
| NH ₃ | 1027,9 | -16061,19 | -16509095,59 | 1,10 |
| H ₃ PO ₄ | 1027,9 | -305449,33 | -313967621,6 | 0,43 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 1027,9 | -345380,02 | -355011886,4 | 0,35 |

$$\begin{aligned}\Delta H_{25} &= (n \times \Delta H_f \text{ produk}) - (n \times \Delta H_{\text{reaktan}}) \\ &= -355011886,44 - (-330476717,14) \\ &= -24535169,30 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{produk}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\ &= (n \times \text{Cp (NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) \times (\text{Treaktor-Tref})) \\ &= 34177,267 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{reaktan}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\ &= (n \times \text{Cp (H}_3\text{PO}_4) \times (\text{Tref-Treaktor})) + (n \times \text{Cp (NH}_3) \times (\text{Tref-Treaktor})) \\ &= -20403,57 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{R2} &= \Delta H_{25} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}) \\ &= (-28781472,06) + (40092,32 - (-23934,818)) \\ &= -24480588,5 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{R \text{ total}} &= \Delta H_{R1} + \Delta H_{R2} \\ &= (520906,79 \text{ kkal} + (-24480588,5 \text{ kkal})) \\ &= -23959681,7 \text{ (eksotermis)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H masuk} &= \text{H keluar} \\ \Delta H_3 + \Delta H_8 + \Delta H_7 + \Delta H_{16} &= \Delta H_9 + Q_{\text{serap}} + \Delta H_{rx} \\ 495804,380 &= -3162344,227 + Q_{\text{serap}} \\ Q_{\text{serap}} &= 3658148,608 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Menghitung massa air pendingin yang digunakan

Suhu air masuk = 30 °C

Suhu air keluar = 45 °C

$$\begin{aligned}
 H \text{ pendingin masuk} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= m \times 0,998 \times (30-25) \\
 &= 4,99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ pendingin keluar} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= m \times 0,998 \times (45-25) \\
 &= 19,96 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ serap} &= H \text{ pendingin keluar} - H \text{ pendingin masuk} \\
 3658148,608 &= 19,96 \text{ m} - 4,99 \text{ m} \\
 m &= 244365,304 \text{ kg air pendingin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ pendingin masuk} &= 4,99 \text{ m} \\
 &= 1219383 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ pendingin keluar} &= 19,96 \text{ m} \\
 &= 4877531 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Tabel B.1 Neraca Panas Total *Pre-Neutralizer* (R-110)

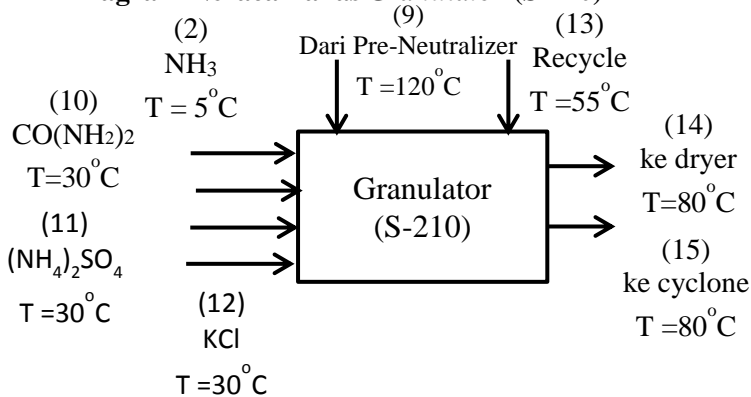
| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| ΔH_3 | -868912,52 | ΔH_9 | 20797337,44 |
| ΔH_8 | 899274,95 | ΔH_{rx} | -23959681,67 |
| ΔH_7 | 132330,07 | Qserap | 3658149 |
| ΔH_{16} | 333111,87 | | |
| Total | 495804,38 | | 495804,38 |

2. Granulator (S-210)

Fungsi : Mencampur antara bahan padat dan bahan cair, sekaligus membentuk butiran produk pupuk NPK.

(PT. Petrokimia, Gresik)

Diagram Neraca Panas Granulator (S-210)



Aliran (2)

Suhu bahan masuk 5 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_2 (kkal) |
|------------------|------------|-----------------|----------------|---------------------|
| NH ₃ | 29123,49 | -20 | 1,1 | -640716,6897 |
| H ₂ O | 146,35 | -20 | 1,0 | -2922,212524 |
| Total | | | | -643638,902 |

Aliran (10)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{10} (kkal) |
|-----------------------------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 29706,07 | 5 | 0,32 | 47529,70 |
| H ₂ O | 149,28 | 5 | 1,0 | 745,166 |
| Total | | | | 48274,875 |

Aliran (11)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{11} (kkal) |
|---|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 65070,43 | 5 | 0,41 | 133394,3881 |
| H ₂ O | 65,14 | 5 | 1,0 | 325,146 |
| Total | | | | 133719,53 |

Aliran (12)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{12} (kkal) |
|------------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| KCl | 130027,80 | 5 | 0,19 | 123526,4089 |
| H ₂ O | 1313,41 | 5 | 1,0 | 6556,356 |
| Total | | | | 130082,765 |

Aliran (9)

Suhu bahan masuk 120 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_9 (kkal) |
|---|------------|-----------------|----------------|---------------------|
| H ₃ PO ₄ | 25183,25 | 95 | 0,43 | 1028735,745 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 95994,44 | 95 | 0,41 | 3738983,275 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 118207,09 | 95 | 0,35 | 3930385,736 |
| H ₂ O | 127568,28 | 95 | 0,99837 | 12099232,69 |
| Total | | | | 0797337,444 |

Aliran (13)

Suhu bahan masuk 55 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{13} (kkal) |
|--|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 40601,32 | 30 | 0,4100 | 499396,1853 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 42753,23 | 30 | 0,3365 | 431652,1031 |
| H ₂ O | 1882,54 | 30 | 0,9984 | 56384,2412 |
| KCl | 32777,48 | 30 | 0,1900 | 186831,608 |
| CO(NH ₂) ₂ | 7488,32 | 30 | 0,3200 | 71887,88055 |
| Total | | | | 1246152,018 |

Aliran (14)

Suhu bahan keluar 80 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{14} (kkal) |
|--|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 201666,18 | 55 | 0,4100 | 4547572,47 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 212354,71 | 55 | 0,3365 | 3930685,252 |
| H ₂ O | 131125,00 | 55 | 0,9984 | 7200119,49 |
| KCl | 162805,27 | 55 | 0,1900 | 1701315,112 |
| CO(NH ₂) ₂ | 37194,39 | 55 | 0,3200 | 654621,2329 |
| Total | | | | 18034313,557 |

Aliran (15)

Suhu bahan keluar 80 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{15} (kkal) |
|-----------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| NH ₃ | 2912,35 | 55 | 0,4 | 64071,66897 |
| Total | | | | 64071,66897 |

Reaksi 1:

| | | | | | | | |
|-----------|---|-----------------|---|--------------------------------|---|--|-------|
| | | NH ₃ | + | H ₃ PO ₄ | → | NH ₄ H ₂ PO ₄ | (MAP) |
| Mula-mula | : | 1713,1 | | 256,97 | | | |
| Reaksi | : | 256,97 | | 256,97 | | 256,97 | |
| sisanya | : | 1456,2 | | 0,00 | | 256,97 | |

Panas reaksi (T=25°C):

| Komponen | n (kgmol) | ΔH _f (kkal/kgmol) | n x ΔH _f (kkal) | C _p (kkal/kgmol) |
|--|-----------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| NH ₃ | 256,97 | -16061,19 | -4127273,90 | 1,10 |
| H ₃ PO ₄ | 256,97 | -305449,33 | -78491905,3 | 0,43 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 256,97 | -345380,02 | -88752971,6 | 0,35 |

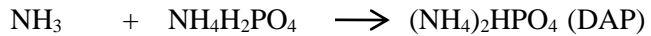
$$\begin{aligned}
 \Delta H_{25} &= (n \times \Delta H_f \text{ produk}) - (n \times \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= -88752971,61 - (-82619179,29) \\
 &= -6133792,32 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{produk}} &= m C_p \Delta t \\
 &= (n \times C_p (\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) \times (T_{\text{reaktor}} - T_{\text{ref}})) \\
 &= 5846,11 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaktan}} &= m C_p \Delta t \\
 &= (n \times C_p (\text{H}_3\text{PO}_4) \times (T_{\text{ref}} - T_{\text{reaktor}})) + (n \times C_p (\text{NH}_3) \times (T_{\text{ref}} - T_{\text{reaktor}})) \\
 &= -5100,892 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{R1} &= \Delta H_{25} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= (-7195368,02) + (6857,89 - (-5983,70)) \\
 &= -6122845,32 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Reaksi 2:



| | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|
| Mula-mula | : | 1456 | 1284,9 | |
| Reaksi | : | 1284,9 | 1284,9 | 1284,9 |
| sis | : | 171,31 | 0,000 | 1284,9 |

Panas reaksi standar (25 °C) :

| Komponen | n (kgmol) | ΔH_f (kkal/kgmol) | n x ΔH_f (kkal) | Cp (kkal/kgmol) |
|--|-----------|------------------------------|----------------------------|--------------------|
| NH ₃ | 1284,9 | -16061,19 | -24207906,8 | 1,10 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | 1284,9 | -345380,02 | -520567260 | 0,35 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 1284,9 | -374500,48 | -564458500 | 0,34 |

$$\begin{aligned}\Delta H_{25} &= (n \times \Delta H_f \text{ produk}) - (n \times \Delta H_f \text{ reaktan}) \\ &= -481180561,31 - (-464401227,55) \\ &= -16779333,77 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ produk} &= m \text{ Cp } \Delta t \\ &= (n \times \text{Cp (NH}_4)_2\text{HPO}_4) \times (\text{Treaktor-Tref}) \\ &= 28106,886 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ reaktan} &= m \text{ Cp } \Delta t \\ &= (n \times \text{Cp (NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) \times (\text{Tref-Treaktor})) + (n \times \text{Cp (NH}_3) \times (\text{Tref-Treaktor})) \\ &= -26018,408 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{R2} &= \Delta H_{25} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}) \\ &= (-16779333,77) + (28106,886 - (-26018,408)) \\ &= -16725208,47 \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{R_{\text{total}}} &= \Delta H_{R1} + \Delta H_{R2} \\
 &= -6122845,32 + (-16725208,47) \\
 &= -22848054 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{masuk}} &= H_{\text{keluar}} \\
 \Delta H_2 + \Delta H_9 + \Delta H_{10} + \Delta H_{11} + \Delta H_{12} + \Delta H_{13} &= \Delta H_{14} + \Delta H_{15} + \Delta H_{\text{rx}} + Q_{\text{serap}} \\
 21711927,74 &= -4749669 + Q_{\text{serap}} \\
 Q_{\text{serap}} &= 26461596,3 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

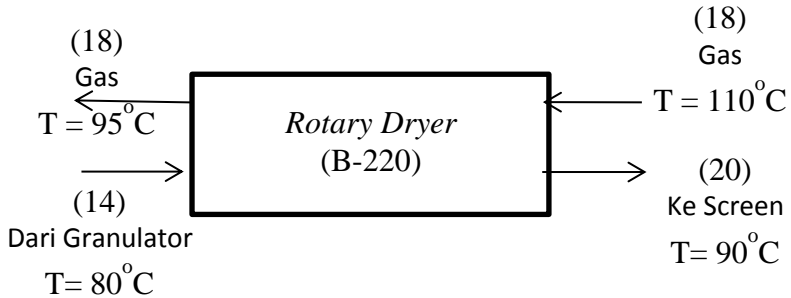
Tabel B.2 Neraca Panas total Granulator (S-210)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| ΔH_2 | -643638,90 | ΔH_{14} | 18034313,56 |
| ΔH_9 | 20797337,44 | ΔH_{15} | 64071,67 |
| ΔH_{10} | 48274,87 | ΔH_{rx} | -22848054 |
| ΔH_{11} | 133719,54 | Q serap | 26461596,3 |
| ΔH_{12} | 130082,77 | | |
| ΔH_{13} | 1246152,02 | | |
| Total | 21711928 | | 21711928 |

3. Rotary Dryer (B-220)

Fungsi : Mengurangi kadar air di dalam pupuk NPK hingga mencapai 1,5% (PT. Petrokimia, Gresik) .

Diagram Neraca Panas Rotary Dryer (B-220)



Data Kondisi Operasi :

| | |
|---|-----------------------------------|
| Temp. Combustion Gas inlet Dryer (T_{G2}) | = 110 °C |
| Temp. Exhaust Gas outlet Dryer (T_{G1}) | = 95 °C |
| Humidity Combustion Gas (H_2) | = 0,01 kg H_2O /kg dry air |
| Rate Massa (L_S) | = 745.145,55 kg dry solid/day |
| Temp. inlet Dryer (T_{S1}) | = 80 °C |
| Temp. outlet Dryer (T_{S2}) | = 90 °C |
| Free Moisture Content in (X_1) | = 0,025 kg moisture/ kg dry solid |
| Free Moisture Content out (X_2) | = 0,015 kg moisture/ kg dry solid |
| λ_{ref} ($T_{ref} = 25$ °C) | = 2.501 kJ/kg = 597,753 kkal/kg |

Perhitungan Neraca Massa dengan menggunakan humidity :

$$\begin{aligned}
 G.H_2 + L_S.X_1 &= G.H_1 + L_S.X_2 \\
 G(0,01) + 76.6752,71(0,025) &= G.H_1 + 745.145,55(0,015) \\
 0,01G + 7451,455 &= G.H_1 \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

Perhitungan enthalphy untuk udara :

$$\begin{aligned}
 H'_{G2} &= C_s(T_{G2}-T_{ref}) + H_2.\lambda_{ref} \\
 &= (1,005+1,88(0,01)).(110-25) + 0,01(597,753) \\
 &= 93,00053346 Kkal/kg
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H'_{G1} &= C_s(T_{G1}-T_{ref}) + H_1.\lambda_{ref} \\
 &= \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (1,005 + 1,88H_1) \cdot (95 - 25) + 597,753H_1 \\
 &= 70,35 + 131,6H_1 + 597,753H_1 \\
 &= 70,35 + 729,3533H_1
 \end{aligned}$$

Perhitungan *enthalphy* untuk padatan :
Aliran (14)

Padatan masuk

$$\begin{array}{lcl}
 H's_1 & = & C_{pS} (T_{s1} - T_o) + X_1 \cdot C_{pA} (T_{s1} - T_{ref}) \\
 T_{s1} & 80 & ^\circ C \\
 T_o & 25 & ^\circ C
 \end{array}$$

| Komponen | Cp (kkal/kg°C) | Ts1 - To | H's ₁ |
|--|----------------|----------|------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 0,32 | 55 | 17,936 |
| KCl | 0,19 | 55 | 10,786 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,41 | 55 | 22,88 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,34 | 55 | 18,846 |
| H ₂ O | 1,00 | 55 | 55,247225 |
| | | | 125,704 |

Aliran (20)

Padatan keluar

$$H's_2 = C_{ps} (T_{s2} - T_{sref}) + X_2 \cdot C_{pA} (T_{s2} - T_{ref})$$

$$\begin{array}{lcl}
 T_{s1} & 90 & ^\circ C \\
 T_o & 25 & ^\circ C
 \end{array}$$

| Komponen | Cp (kkal/kg°C) | Ts1 - To | H's ₂ |
|--|----------------|----------|------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 0,32 | 65 | 21,0388 |
| KCl | 0,19 | 65 | 12,588 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,41 | 65 | 26,888 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,34 | 65 | 22,114 |
| H ₂ O | 1,00 | 65 | 65,132 |
| | | | 147,763 |

Neraca Panas untuk Dryer, dengan Q=0 (tidak ada Q Loss) :

$$\begin{aligned}
 G.H'_{G2} + L_s.H'_{S1} &= G.H'_{G1} + L_s.H'_{S2} + Q(0) \\
 G(93) + 745.145,5(125,7) &= G(70,35 + 729,3H_1) + 745.145,5(147,76) \\
 93G + 93668315,17 &= 70,35G + 729,35G.H_1 + 110105595,8 \\
 0,0311G + (-22536,786) &= G.H_1 \dots\dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

Substitusi Persamaan (1) ke Persamaan (2), maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned}
 0,0311G + (-22536,786) &= G.H_1 \dots\dots\dots(2) \\
 0,01G + 7451,455 &= G.H_1 \dots\dots\dots(1) \\
 G &= 1424238,107 \text{ kg dry air/hari} \\
 H_1 &= 0,01523 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry air} \\
 H'_{G1} &= 70,35 + 729,3533H_1 \\
 &= 70,35 + 729,3533 (0,01523) \\
 &= 81,459 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Perhitungan panas masuk :

$$\begin{aligned}
 \text{Panas Feed} &= L_s \cdot H'_{S1} \\
 &= 745.145,5 \times 125,704 \\
 &= 93668315,2 \text{ Kkal/hari} \\
 \text{Panas Udara} &= G \cdot H'_{G2} \\
 &= 1424238,107 \times 93,000 \\
 &= 132454903,7 \text{ Kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan panas keluar :

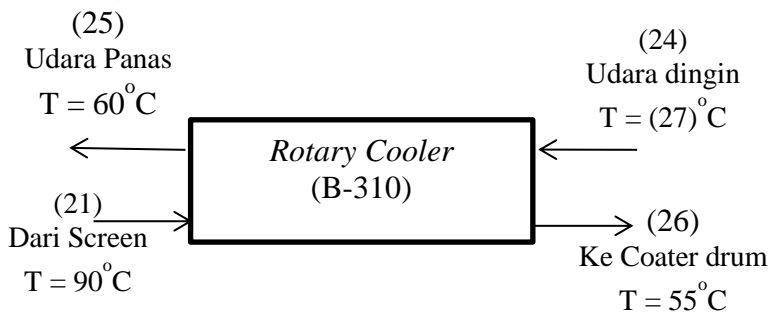
$$\begin{aligned}
 \text{Panas Feed} &= L_s \cdot H'_{S2} \\
 &= 745.145,5 \times 147,763 \\
 &= 110105595,8 \text{ Kkal/hari} \\
 \text{Panas Udara} &= G \cdot H'_{G1} \\
 &= 1424238,107 \times 81,459 \\
 &= 116017623,1 \text{ Kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Tabel B.3 Neraca Panas Total *Rotary Dryer* (B-220)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{14} | 93668315,2 | ΔH_{20} | 110105595,8 |
| Aliran Udara | 132454903,7 | Aliran Udara | 116017623,1 |
| Total | 226123218,9 | | 226123218,9 |

4. Rotary Cooler (B-310)

Fungsi : Mendinginkan produk pupuk NPK sebelum ke proses *coating* dengan menggunakan udara (PT. Petrokimia, Gresik).

Diagram Neraca Panas Rotary Cooler (B-310)**Aliran (21)**

Suhu bahan masuk 90 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{21} (kkal) |
|--|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 29725,76 | 65 | 0,3200 | 618295,7056 |
| KCl | 130113,97 | 65 | 0,1900 | 1606907,59 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161171,6 | 65 | 0,4100 | 4295223,539 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169713,8 | 65 | 0,3365 | 3712567,954 |
| H ₂ O | 7472,97 | 65 | 0,9984 | 484951,4818 |
| Total | | | | 10717946,271 |

Aliran (26)

Suhu bahan keluar 55 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{26} (kkal) |
|--|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 | 30 | 0,3200 | 285081,8815 |
| KCl | 129983,86 | 30 | 0,1900 | 740908,0072 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 | 30 | 0,4100 | 1980428,453 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 | 30 | 0,3365 | 1711779,409 |
| H ₂ O | 7465,50 | 30 | 0,9984 | 223599,9371 |
| Total | | | | 4941797,688 |

Aliran (25)

Suhu bahan keluar 60 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{25} (kkal) |
|--|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 29,73 | 35 | 0,3200 | 332,9284568 |
| KCl | 130,11 | 35 | 0,1900 | 865,257933 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161,17 | 35 | 0,4100 | 2312,812675 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169,71 | 35 | 0,3365 | 1999,075052 |
| H ₂ O | 7,47 | 35 | 0,4400 | 115,0837838 |
| Total | | | | 5625,158 |

$$\begin{array}{rcl}
 \mathbf{H \text{ masuk} + Q} & = & \mathbf{H \text{ keluar}} \\
 Q & = & \mathbf{H \text{ keluar} - H \text{ masuk}} \\
 Q & = & 10717946,27 - 4947422,85 \\
 Q & = & 5770523,42 \text{ kkal/hari}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{udara masuk}} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= m \times 0,245 \times (27-25) \\
 &= 0,49 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{udara keluar}} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= m \times 0,245 \times (60-25) \\
 &= 8,575 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Neraca Panas

H bahan masuk + H udara masuk = H bahan keluar + H udara keluar

$$\begin{aligned}
 10717946,27 + 0,49 \text{ m} &= 4947422,85 + 8,575 \text{ m} \\
 8,085 \text{ m} &= 6072783,62 \\
 \text{m} &= 713732,0253 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{udara masuk}} &= 0,49 \text{ m} \\
 &= 349728,69 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{udara keluar}} &= 8,575 \text{ m} \\
 &= 6120252,12 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Tabel B.4 Neraca Panas Total *Rotary Cooler* (B-310)

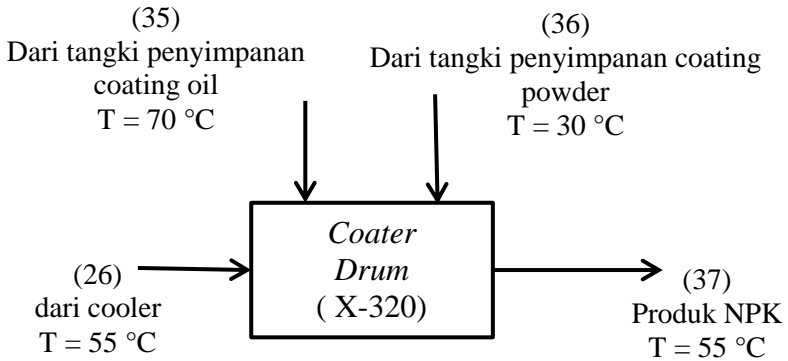
| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| ΔH_{21} | 10717946,27 | ΔH_{26} | 4947422,85 |
| | | ΔH_{25} | 5625,16 |
| Aliran Udara | 349728,69 | Aliran Udara | 6120252,12 |
| Total | 11067674,96 | | 11067674,96 |

5. *Coater Drum (X-320)*

Fungsi : Melapisi produk NPK dengan *coating oil* dan *coating powder* agar tidak terjadi *caking*.

(PT. Petrokimia, Gresik)

Diagram Neraca Panas *Coater Drum (X-320)*



Aliran (26)

Suhu bahan masuk 55 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{26} (kkal) |
|-------------------------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 29696,03 | 30 | 0,3200 | 285081,8815 |
| KCl | 129983,86 | 30 | 0,1900 | 740908,0072 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 161010,44 | 30 | 0,4100 | 1980428,453 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 169544,17 | 30 | 0,3365 | 1711779,409 |
| H_2O | 7465,50 | 30 | 0,9984 | 223599,9371 |
| Total | | | | 4941797,688 |

Aliran (36)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{36} (kkal) |
|----------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| Coating powder | 1100,00 | 5 | 88,0000 | 484000 |

Aliran (35)

Suhu bahan masuk 70 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{35} (kkal) |
|-------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| Coating oil | 1200,00 | 45 | 65,5000 | 3537000 |

Aliran (37)

Suhu bahan keluar 55 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{37} (kkal) |
|--|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 29696,03 | 30 | 0,3200 | 285081,8815 |
| KCl | 129983,86 | 30 | 0,1900 | 740908,0072 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 161010,44 | 30 | 0,4100 | 1980428,453 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 169544,17 | 30 | 0,3365 | 1711779,409 |
| H ₂ O | 7465,50 | 30 | 0,9984 | 223599,9371 |
| Coating powder | 1100,00 | 30 | 88,0000 | 2904000 |
| Coating oil | 1200,00 | 30 | 65,5000 | 2358000 |
| Total | | | | 10203797,688 |

Menghitung panas steam yang dibutuhkan

Steam yang digunakan adalah steam saturated yang memiliki suhu 160°C dan tekanan 617,8 kPa

| T (°C) | P (kPa) | HI (kJ/kg) | Hv (kJ/kg) | λ |
|--------|---------|------------|------------|-----------|
| 160 | 617,8 | 675,55 | 2758,1 | 2082,55 |

| T (°C) | P (kPa) | HI (kkal/kg) | Hv (kkal/kg) | λ |
|--------|---------|--------------|--------------|-----------|
| 160 | 617,8 | 161,460 | 659,202 | 497,7414 |

Sumber: *Appendiks A.2-9 Properties of Saturated Steam and Water (Geankoplis, 1978)*

$$\begin{aligned}
 Q \text{ supply} &= (H_v - H_L) \times ms \\
 &= (659,202 - 161,460) \text{ ms} \\
 &= 497,74 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ loss} &= 3\% \times Q \text{ supply} \\
 &= 3\% \times 497,7414 \text{ ms} \\
 &= 14,93 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ masuk} &= H \text{ keluar} \\
 \Delta H_{26} + \Delta H_{36} + \Delta H_{35} + 497,74 \text{ ms} &= \Delta H_{37} + 14,93 \text{ ms} \\
 8962797,69 + 497,74 \text{ ms} &= 10203797,6 + 497,74 \text{ ms} \\
 &482,809 \text{ ms} = 1241000 \\
 \text{Massa steam} &= 2570,374 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ supply} &= 497,7414 \text{ ms} \\
 &= 1279381 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

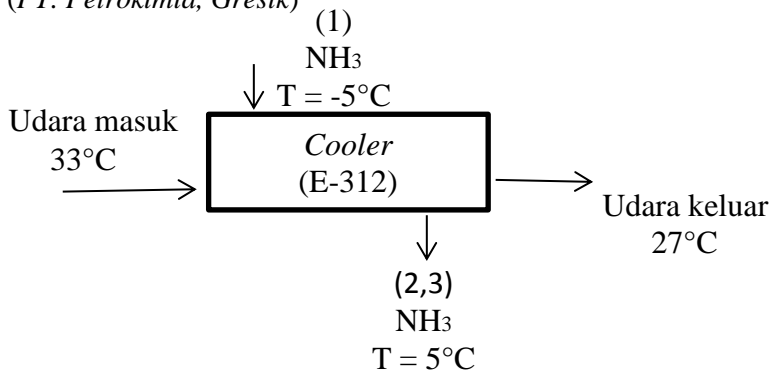
$$\begin{aligned}
 Q \text{ loss} &= 14,93 \text{ ms} \\
 &= 38381,4 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Tabel B.5 Neraca Panas Total *Coater Drum* (X-320)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{26} | 4941797,69 | ΔH_{37} | 10203797,69 |
| ΔH_{36} | 484000 | Q loss | 38381,44 |
| ΔH_{35} | 3537000 | | |
| Q supply | 1279381,44 | | |
| Total | 10242179,13 | | 10242179,13 |

6. Cooler (E-312)

Fungsi : Menurunkan suhu udara sebelum masuk *Rotary Cooler*
(PT. Petrokimia, Gresik)



T ammonia masuk = -5°C
 T ammonia keluar = 5°C
 T udara masuk = 33°C
 T udara keluar = 27°C
 Cp udara = $0,245 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$

H udara masuk = $m \times C_p \times \Delta t$
 = $713732,02 \times 0,245 \times (33-25)$
 = $1370365,49 \text{ kkal/hari}$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{udara keluar}} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= 713732,02 \times 0,245 \times (27-25) \\
 &= 342591,37 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{amoniak masuk}} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= m \times 1,1 \times (-5-25) \\
 &= -33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{amoniak keluar}} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= m \times 1,1 \times (5-25) \\
 &= -22 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung Q serap

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{serap}} &= H_{\text{udara keluar}} - H_{\text{udara masuk}} \\
 &= 1370365,49 - 342591,37 \\
 &= 1027774,12 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Menghitung massa Amoniak

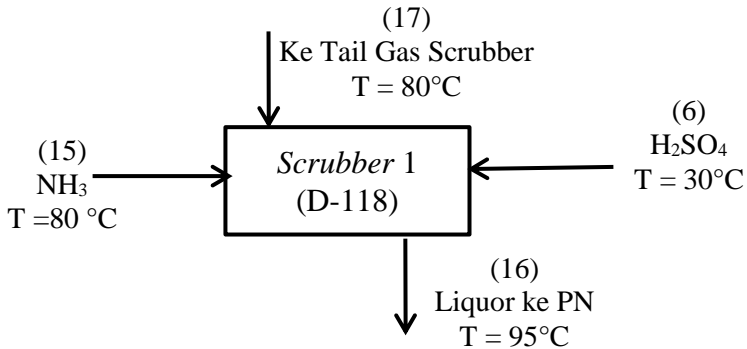
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{serap}} &= H_{\text{amoniak keluar}} - H_{\text{amoniak masuk}} \\
 1027774,12 &= -22 \text{ m} - (-33 \text{ m}) \\
 1027774,12 &= 11 \text{ m} \\
 93434,01 &= m_{\text{amoniak}}
 \end{aligned}$$

Tabel B.6 Neraca panas total pada *Cooler* (E-312)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| ΔH | 1370365,49 | ΔH | 342591,37 |
| | | Q_{serap} | 1027774,12 |
| Total | 1370365,49 | | 1370365,49 |

7. Granulator Pre-Scrubber (D-118)

Fungsi : Menyerap gas NH_3 yang lepas dari granulator (PT. Petrokimia, Gresik)

Diagram Neraca Panas Granulator Pre-Scrubber (D-118)**Aliran (15)**

Suhu bahan masuk 80 °C
Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{15} (kkal) |
|---------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| NH_3 | 2912,35 | 55 | 0,4 | 64071,66897 |
| Total | | | | 64071,66 |

Aliran (6)

Suhu bahan masuk 30 °C
Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_6 (kkal) |
|-------------------------|------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| H_2SO_4 | 8310,47 | 5 | 0,39 | 16288,52 |
| H_2O | 169,60 | 5 | 1,0 | 846,625 |
| Total | | | | 17135,151 |

Aliran (16)

Suhu bahan keluar 95 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{16} (kkal) |
|---|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 11193,70 | 70 | 0,41 | 321259,1172 |
| H ₂ O | 169,60 | 70 | 0,4 | 5223,725482 |
| Total | | | | 326482,843 |

Aliran (17)

Suhu bahan keluar 80 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{17} (kkal) |
|-----------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| NH ₃ | 29,12 | 55 | 0,4 | 640,716 |
| Total | | | | 640,716 |

Reaksi I

| | | | | | |
|-----------|------------------|---|--------------------------------|---|---|
| | 2NH ₃ | + | H ₂ SO ₄ | → | (NH ₄) ₂ SO ₄ |
| Mula-mula | 171,3 | | 84,8 | | |
| Reaksi | 169,60 | | 84,8 | | 84,8 |
| sisa | 1,7 | | 0,00 | | 84,8 |

Panas reaksi pada keadaan standar (T = 25°C)

| Komponen | n (kgmol) | ΔH_f (kkal/kgmol) | n x ΔH_f (kkal) | C_p (kkal/kgmol) |
|---|--------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| NH ₃ | 169,60 | -16061,19 | -2724000,77 | 1,10 |
| H ₂ SO ₄ | 84,80 | -216900,10 | -18393288,25 | 0,39 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 84,80 | -280377,63 | 23776229,9 | 0,41 |

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{25} &= (n \times \Delta H_f \text{ produk}) - (n \times \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= -23776229,96 - (-23841289,80) \\
 &= 65059,84 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{produk}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\
 &= (n \times \text{Cp } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \times (\text{Treaktor-Tref}) \\
 &= 3302,988 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaktan}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\
 &= (n \times \text{Cp } (\text{H}_2\text{SO}_4) \times (\text{Tref-Treaktor})) + \\
 &= (n \times \text{Cp } (\text{NH}_3) \times (\text{Tref-Treaktor})) \\
 &= -396,867 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{R1} &= \Delta H_{25} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= 65059,84 + (3302,988 - (-396,867)) \\
 &= 68759,70 \text{ kkal (endotermis)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{masuk}} &= H_{\text{keluar}} \\
 \Delta H_6 + \Delta H_{15} &= \Delta H_{16} + \Delta H_{17} + \Delta H_{\text{rx}} + Q_{\text{serap}} \\
 81206,82 &= 395883 + Q_{\text{serap}} \\
 Q_{\text{serap}} &= -314676,4 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

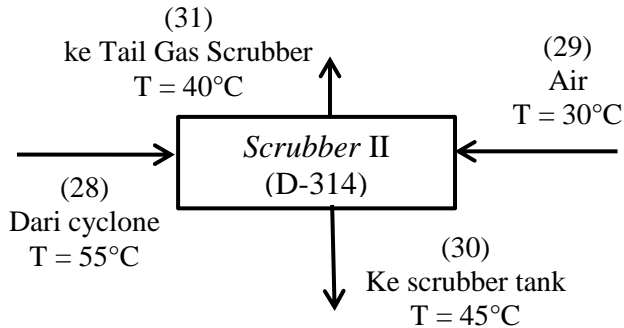
Tabel B.7 Neraca Panas Total *Granulator Scrubber* (D-118)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| ΔH_6 | 17135,15 | ΔH_{16} | 326482,84 |
| ΔH_{15} | 64071,669 | ΔH_{17} | 640,72 |
| | | ΔH_{rx} | 68759,70 |
| | | Q_{serap} | -314676,4 |
| Total | 81206,82 | | 81206,82 |

8. Dryer Scrubber (D-314)

Fungsi : Menyerap debu yang lepas dari cyclone.

(PT. Petrokimia, Gresik)

Diagram Neraca Panas Dryer Scrubber (D-314)**Aliran (28)**

Suhu bahan masuk 55 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{28} (kkal) |
|--|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 10,04 | 30 | 0,3200 | 96,365 |
| KCl | 43,94 | 30 | 0,1900 | 250,445 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,43 | 30 | 0,4100 | 669,435 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,31 | 30 | 0,3365 | 578,625 |
| H ₂ O | 2,52 | 30 | 0,4400 | 33,310 |
| Udara dryer | 1546012,54 | 30 | 0,2400 | 11131290,29 |
| Udara cooler | 713732,03 | 30 | 0,2400 | 5138870,582 |
| Total | | | | 16271789,056 |

Aliran (29)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{29} (kkal) |
|------------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| H ₂ O | 1514,14 | 5 | 0,9984 | 7558,367 |

Aliran (30)

Suhu bahan keluar 45 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{30} (kkal) |
|--|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 10,03 | 20 | 0,3200 | 64,179 |
| KCl | 43,89 | 20 | 0,1900 | 166,797 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,37 | 20 | 0,4100 | 445,844 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,25 | 20 | 0,3365 | 385,3645537 |
| H ₂ O | 1516,67 | 20 | 0,9984 | 30284,866 |
| Total | | | | 31347,035 |

Aliran (31)

Suhu bahan keluar 40 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{31} (kkal) |
|--|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 0,01 | 15 | 0,3200 | 0,048 |
| KCl | 0,04 | 15 | 0,1900 | 0,125 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,05 | 15 | 0,4100 | 0,334 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 | 15 | 0,3365 | 0,289 |
| H ₂ O | 0,00 | 15 | 0,4400 | 0 |
| Udara kering | 2259744,57 | 15 | 0,2400 | 8135080,437 |
| Total | | | | 8135081,234 |

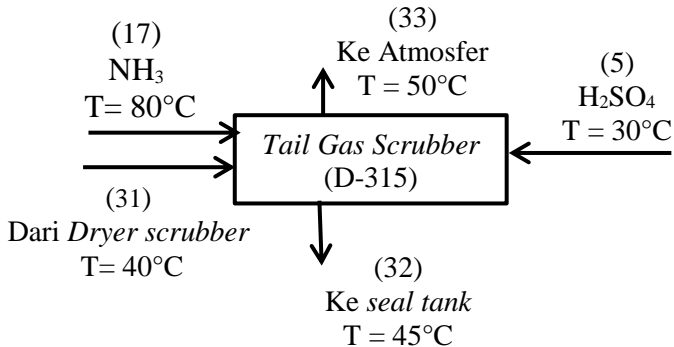
$$\begin{array}{rcl}
 \text{H masuk} & = & \text{H keluar} \\
 \Delta H_{28} + \Delta H_{29} & = & \Delta H_{30} + \Delta H_{31} + Q \text{ serap} \\
 16279347,4 & = & 8166427 + Q \text{ serap} \\
 Q \text{ serap} & = & 8112920,1 \text{ kkal}
 \end{array}$$

Tabel B.8 Neraca Panas Total *Dryer Scrubber* (D-314)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{28} | 16271789,06 | ΔH_{30} | 31346,04 |
| ΔH_{29} | 7558,368 | ΔH_{31} | 8135081,23 |
| | | Qserap | 8112920,15 |
| Total | 16279347,42 | | 16279347,42 |

9. Tail Gas Scrubber (D-315)

Fungsi : Menyerap gas ammonia yang lepas dari *pre-Scrubber* dan debu dari *dryer scrubber* (PT. Petrokimia, Gresik) .

Diagram Neraca Panas Tail Gas Scrubber (D-315)

Aliran (31)

Suhu bahan masuk 40 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{31} (kkal) |
|--|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 0,01 | 15 | 0,3200 | 0,0481 |
| KCl | 0,04 | 15 | 0,1900 | 0,125 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,05 | 15 | 0,4100 | 0,334 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 | 15 | 0,3365 | 0,289 |
| H ₂ O | 0,00 | 15 | 0,4400 | 0 |
| udara kering | 2259744,57 | 15 | 0,2400 | 8135080,437 |
| Total | | | | 8135081,23 |

Aliran (17)

Suhu bahan masuk 80 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{17} (kkal) |
|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| NH ₃ | 29,12 | 55 | 0,4 | 640,716 |
| Total | | | | 640,716 |

Aliran (5)

Suhu bahan masuk 30 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_5 (kkal) |
|--------------------------------|------------|-----------------|----------------|---------------------|
| H ₂ SO ₄ | 83,10 | 5 | 0,39 | 162,885 |
| H ₂ O | 1,70 | 5 | 1,0 | 8,466 |
| Total | | | | 171,352 |

Aliran (32)

Suhu bahan keluar 45 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{32} (kkal) |
|--|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 0,01 | 20 | 0,3200 | 0,0636 |
| KCl | 0,04 | 20 | 0,1900 | 0,165 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 111,99 | 20 | 0,4100 | 918,325 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,06 | 20 | 0,3365 | 0,381 |
| H ₂ O | 1,70 | 20 | 0,9984 | 33,865 |
| Total | | | | 952,801 |

Aliran (33)

Suhu bahan keluar 50 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{33} (kkal) |
|--|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| NH ₃ | 0,29 | 25 | 0,4 | 2,912 |
| CO(NH ₂) ₂ | 0,00010 | 25 | 0,3200 | 0,00080 |
| KCl | 0,00044 | 25 | 0,1900 | 0,002 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,0005 | 25 | 0,4100 | 0,005 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,0006 | 25 | 0,3365 | 0,0048 |
| H ₂ O | 0,00 | 25 | 0,4400 | 0 |
| udara kering | 2259744,57 | 25 | 0,2400 | 13558467,39 |
| Total | | | | 13558467,408 |

Reaksi I

| | | | | | |
|-----------|------------------|---|--------------------------------|---|---|
| | 2NH ₃ | + | H ₂ SO ₄ | → | (NH ₄) ₂ SO ₄ |
| Mula-mula | 1,7 | | 0,85 | | |
| Reaksi | 1,68 | | 0,85 | | 0,85 |
| sisa | 0,02 | | 0,00 | | 0,85 |

Panas Reaksi pada keadaan standar (25°C):

| Komponen | n (kgmol) | ΔH_f (kkal/kgmol) | n x ΔH_f (kkal) | Cp (kkal/kgmol) |
|---|-----------|------------------------------|----------------------------|--------------------|
| NH ₃ | 1,68 | -16061,19 | -27240,01 | 1,10 |
| H ₂ SO ₄ | 0,85 | -216900,10 | -183932,88 | 0,39 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,85 | -280377,63 | -237762,30 | 0,41 |

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{25} &= (n \times \Delta H_f \text{ produk}) - (n \times \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= -237762,30 - (-238412,90) \\
 &= 650,60 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{produk}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\
 &= (n \times \text{Cp (NH}_4)_2\text{SO}_4) \times (\text{Treaktor} - \text{Tref}) \\
 &= 33,029 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaktan}} &= m \text{ Cp } \Delta t \\
 &= (n \times \text{Cp (H}_2\text{SO}_4) \times (\text{Tref} - \text{Treaktor})) \\
 &\quad + (n \times \text{Cp (NH}_3) \times (\text{Tref} - \text{Treaktor})) \\
 &= -3,968 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{R1} &= \Delta H_{25} + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}) \\
 &= 650,60 + (33,029 - (-3,968)) \\
 &= 687,60 \text{ kkal (endotermis)}
 \end{aligned}$$

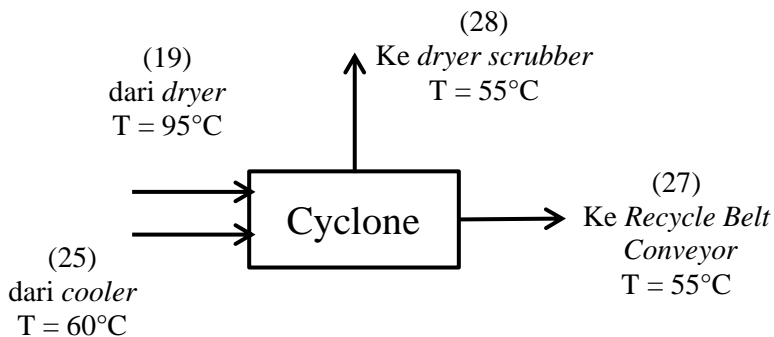
$$\begin{aligned}
 \text{H masuk} &= \text{H keluar} \\
 \Delta H_{31} + \Delta H_{17} + \Delta H_5 &= \Delta H_{32} + \Delta H_{33} + \Delta H_{rx} + Q_{\text{serap}} \\
 8135893,30 &= 13560108 + Q_{\text{serap}} \\
 Q_{\text{serap}} &= -5424214,5 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Tabel B.9 Neraca Panas Total *Tail Gas Scrubber* (D-315)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| ΔH_{31} | 8135081,23 | ΔH_{32} | 952,80 |
| ΔH_{17} | 640,717 | ΔH_{33} | 13558467,41 |
| ΔH_5 | 171,352 | ΔH_{rx} | 687,60 |
| | | Qserap | -5424214,50 |
| Total | 8135893,30 | | 8135893,30 |

10. Cyclone (H-313)

Fungsi : Mereduksi kandungan debu dari *rotary dryer* dan *rotary cooler* (PT. Petrokimia, Gresik) .

Diagram Neraca Panas Cyclone (H-313)

Aliran (19)

Suhu bahan masuk 95 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{19} (kkal) |
|-------------------------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 37,19439 | 70 | 0,3200 | 13,88 |
| KCl | 162,8053 | 70 | 0,1900 | 28,87 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 201,6662 | 70 | 0,4100 | 43,847 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 212,3547 | 70 | 0,3365 | 37,89 |
| H_2O | 9,35 | 70 | 0,4400 | 287,997 |
| udara dryer | 1546012,54 | 70 | 0,2400 | 927607,5243 |
| Total | | | | 928020,025 |

Aliran (25)

Suhu bahan masuk 60 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{25} (kkal) |
|-------------------------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 29,73 | 35 | 0,3200 | 5,5488 |
| KCl | 130,11 | 35 | 0,1900 | 11,536 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 161,17 | 35 | 0,4100 | 17,521 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 169,71 | 35 | 0,3365 | 15,1445 |
| H_2O | 7,47 | 35 | 0,4400 | 115,0837 |
| udara cooler | 713732,03 | 35 | 0,2400 | 214119,607 |
| Total | | | | 214284,443 |

Aliran (28)

Suhu bahan keluar 55 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{28} (kkal) |
|-------------------------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 10,04 | 30 | 0,3200 | 1,6060 |
| KCl | 43,94 | 30 | 0,1900 | 3,339 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 54,4 | 30 | 0,4100 | 5,07148 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 57,31 | 30 | 0,3365 | 4,3835 |
| H_2O | 2,52 | 30 | 0,4400 | 33,31060872 |
| udara kering | 2259744,57 | 30 | 0,2400 | 581077,174 |
| Total | | | | 581124,885 |

Aliran (27)

Suhu bahan keluar 55 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | C_p (kkal/kg°C) | ΔH_{27} (kkal) |
|-------------------------------|------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 56,88 | 30 | 0,3200 | 9,101 |
| KCl | 248,98 | 30 | 0,1900 | 18,922 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 308,41 | 30 | 0,4100 | 28,738 |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 324,76 | 30 | 0,3365 | 24,839 |
| H_2O | 14,30 | 30 | 0,4400 | 188,760 |
| Total | | | | 270,362 |

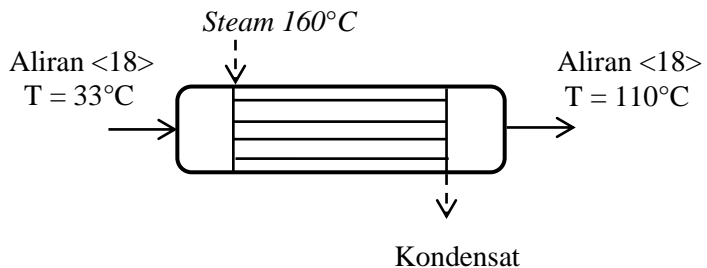
$$\begin{aligned}
 H_{\text{masuk}} &= H_{\text{keluar}} \\
 \Delta H_{19} + \Delta H_{25} &= \Delta H_{27} + \Delta H_{28} + Q_{\text{loss}} \\
 1142304,467 &= 581395,247 + Q_{\text{loss}} \\
 Q_{\text{loss}} &= 560909,220 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Tabel B.10 Neraca Panas Total *Cyclone* (H-313)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| ΔH_{19} | 928020,02 | ΔH_{27} | 270,36 |
| | | ΔH_{28} | 581124,89 |
| ΔH_{25} | 214284,443 | Q loss | 560909,22 |
| Total | 1142304,47 | | 1142304,47 |

11. Heater (E-222)

Fungsi : Menaikkan suhu udara dari 33°C sampai 110°C sebelum masuk *rotary dryer* (PT. Petrokimia, Gresik)

Diagram Neraca Panas Heater (E-222)**Aliran (18)**

Suhu bahan masuk 33 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{18} (kkal) |
|----------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| Udara | 1424238,11 | 8 | 0,2450 | 2791506,690 |
| Total | | | | 2791506,690 |

Aliran (18)

Suhu bahan keluar 110 °C

Suhu *reference* 25 °C

| Komponen | Massa (kg) | ΔT (°C) | Cp (kkal/kg°C) | ΔH_{18} (kkal) |
|----------|------------|-----------------|----------------|------------------------|
| Udara | 1424238,11 | 85 | 0,2450 | 29659758,582 |
| Total | | | | 29659758,582 |

$$\begin{aligned}
 H \text{ masuk} + Q_{\text{supply}} &= H \text{ keluar} + Q_{\text{loss}} \\
 2791506 + Q_{\text{supply}} &= 29659758,58 + 5\% Q_{\text{supply}} \\
 0,95 Q_{\text{supply}} &= 29659758,58 - 2791506 \\
 Q_{\text{supply}} &= 28282370,41 \text{ kkal/hari} \\
 Q_{\text{loss}} &= 1414118,52 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Menghitung panas steam yang dibutuhkan

Steam yang digunakan adalah steam saturated yang memiliki suhu 160°C dan tekanan 617,8 kPa

| T (°C) | P (kPa) | HI (kJ/kg) | Hv (kJ/kg) | λ |
|--------|---------|------------|------------|-----------|
| 160 | 617,8 | 675,55 | 2758,1 | 2082,55 |

| T (°C) | P (kPa) | HI (kkal/kg) | Hv (kkal/kg) | λ |
|--------|---------|--------------|--------------|-----------|
| 160 | 617,8 | 161,460 | 659,202 | 497,741 |

Sumber: Appendiks A.2-9 *Properties of Saturated Steam and Water* (Geankoplis, 1978)

$$\begin{aligned}
 \text{Massa steam} &= \frac{Q}{\lambda_{\text{steam}}} \\
 &= \frac{28282370,41}{497,741} \\
 &= 56821,41 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas sat. Steam} &= \text{massa steam} \times H_v \\
 &= 56821,41 \times 659,202 \\
 &= 37456774,55 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panas kondensat} &= \text{massa steam} \times H_l \\
 &= 56821,41 \times 161,460 \\
 &= 9174404,135 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

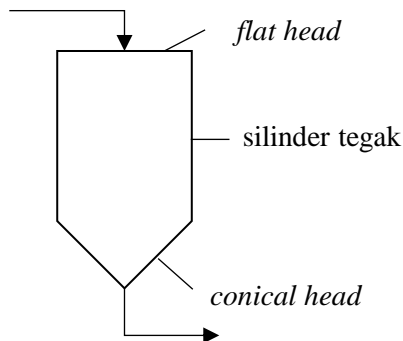
Tabel B.11 Neraca Panas Total *Heater* (E-222)

| Masuk (kkal) | | Keluar (kkal) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| ΔH_{18} | 2791506,69 | ΔH_{18} | 29659758,58 |
| Q_{supply} | 28282370,41 | Q_{loss} | 1414118,52 |
| Total | 31073877,10 | | 31073877,10 |

APPENDIX C PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas Produksi : 150000 ton/tahun
Waktu Operasi : 24 jam/hari; 300 hari/tahun
Satuan Massa : kilogram
Satuan Panas : kilokalori

1. Silo $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$



Fungsi : Menyimpan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Menentukan tipe tangki penyimpanan,
Tipe tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan tutup atas flat dan tutup bawah *conical*
Menentukan bahan konstruksi,
Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Carbon Steel SA-283 Grade C* dengan *allowable stress* 12650 psi

Perhitungan spesifikasi silo
Bahan baku yang disimpan untuk jangka waktu 30 hari pada 1 unit tangki penyimpanan. Jumlah $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ yang ditampung per tangki untuk kebutuhan produksi,

$$29855,34 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \text{ hari} = 895660,32 \text{ kg/tangki}$$

Tabel 5.1 Densitas campuran (CO(NH₂)₂ dan air)

| Komponen | x _i | ρ (kg/m ³) | ρ.x _i |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|------------------|
| CO(NH ₂) ₂ | 0,995 | 1323 | 1316,385 |
| H ₂ O | 0,005 | 995,68 | 4,9784 |
| Total | 1 | | 1321,363 |

$$\begin{aligned}\text{Densitas bulk} &= 50\% \times \text{densitas asli} = 661 \text{ kg/m}^3 \\ &= 41,247 \text{ lbm/ft}^3\end{aligned}$$

Volume CO(NH₂)₂ yang ditampung per unit tangki,

$$895660,32 \text{ kg} \times \frac{1}{661 \text{ kg/m}^3} = 1355,66 \text{ m}^3$$

Asumsi volume padatan 90% volume silo. Sehingga didapatkan volume tangki yang akan direncanakan,

$$V_{\text{padatan}} = 1506,29 \text{ m}^3 = 53193,84 \text{ ft}^3$$

Menentukan dimensi silo

Ditetapkan ratio dimensi H/D : 2

$$\alpha = 60 \text{ degree}$$

$$\text{tg} \alpha = 1,7321$$

Dimana h menggunakan rumus pada pers 4.17 Hesse

$$\begin{aligned}V_{\text{silo}} &= V_{\text{silinder}} + V_{\text{conical}} \\ &= \left(\frac{\pi D^2}{4} H \right) + \left[\frac{\pi h}{12} (D^2 + D.d + d^2) \right]\end{aligned}$$

$$h = \frac{\text{tg } \alpha (D-d)}{2}$$

Keterangan :

D : diameter shell, ft

d : diameter ujung konis, ft

H : tinggi shell

h : tinggi konis, ft

α : sudut konis

$$\begin{aligned}
 V_{\text{konis}} &= \left[\frac{\pi}{12} \times \frac{\text{tg } 60 (D-d)}{2} (D^2 + D.d + d^2) \right] \\
 &= \left[\frac{3,14}{12} \times \frac{1,7321}{2} \times (D-d) (D^2 + D.d + d^2) \right] \\
 V_{\text{konis}} &= 0,2266 \times (D^3 - d^3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{silo}} &= \left(\frac{3,14}{4} D^2 \cdot 2D \right) + 0,2266 \times (D^3 - d^3) \\
 &= 1,57 D^3 + 0,22661 (D^3 - d^3)
 \end{aligned}$$

Diameter ujung silo dihitung dengan pers dari Coulson vol.2

$$G = \frac{\pi \rho}{4} d^{2,5} g^{0,5} \left(\frac{1 - \cos \alpha}{2 \sin^3 \alpha} \right)^{0,5}$$

Dengan :

$$\begin{aligned}
 G &= \text{Laju alir massa, kg/s} \\
 &= 29855,34 \text{ kg/hari} \\
 &= 8,2932 \text{ kg/s} \\
 \rho &= \text{Densitas padatan} \\
 &= 661 \text{ kg/m}^3 \\
 d &= \text{diameter efektif keluaran silo, m} \\
 g &= \text{percepatan grafitasi} \\
 &= 10 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

$$8,2932 = \frac{3,14}{4} \cdot 661 \cdot d^{2,5} \cdot 3,2 \left(\frac{0,5}{1,3} \right)^{0,5}$$

$$d^{2,5} = \frac{33,173}{4070} = 0,00815 \text{ m}$$

$$d = 0,146 \text{ m} = 0,47913 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{silo}} &= 1,57 D^3 + 0,2266 (D^3 - 0,11) \\
 53193,84 &= 1,57 D^3 + 0,2266 D^3 - 0,0249
 \end{aligned}$$

$$D^3 = \frac{53193,86}{1,79661} = 29607,9$$

$$D = 30,936 \text{ ft} = 371,236 \text{ in} = 9,4294 \text{ m}$$

Rasio perbandingan tinggi dan diameter silo digunakan $H/D = 2$

$$\begin{aligned} H &= 2 \times D = 2 \times 30,936 \\ &= 61,873 \text{ ft} = 742,47 \text{ in} = 18,86 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk h konis diperoleh

$$\begin{aligned} h &= \frac{\tan \alpha (D-d)}{2} = \frac{1,7321 \times 30,457}{2} \\ &= 26,377 \text{ ft} = 316,52 \text{ in} = 8,0396 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung tekanan pada silo

$$\begin{aligned} Y &= H + h = 61,873 + 26,377 \\ &= 88,249 \text{ ft} = 1059 \text{ in} = 26,898 \text{ m} \end{aligned}$$

q = tekanan vertikal bahan pada silo

μ' = Koefisien friksi (0,35 – 0,55) diambil 0,5

$$K' = \frac{1 - \sin a_m}{1 + \sin a_m} \quad (\text{McCabe ed.5th, page : 938})$$

a_m yaitu sudut gesek antara padatan dengan dinding $(15-30)^\circ$

Dipilih a_m yaitu 30 derajat

$$K' = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = \frac{1 - 0,5}{1 + 0,5} = 0,33$$

$$q = \frac{R \rho}{\mu' K'} \left(1 - e^{(-\mu' K' Y)/R} \right)$$

$$= \frac{15,5 \times 41}{0,5 \times 0,33} \left(1 - e^{-0,3} \right)$$

$$= 963,16 \text{ lbf/in}^2$$

$$= 6,6886 \text{ lbf/ft}^2 = 6,69 \text{ psi}$$

$$P = K' \times q$$

$$= 0,33 \times 6,69$$

$$= 2,23 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}
 P_{des} &= 1,05 \times (P_{op} + P) & P_{op} &= 1 \text{ atm} \\
 &= 1,05 \times 16,926 & &= 14,70 \text{ psi} \\
 &= 16,93 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal dan panjang *shell course* , dapat dihitung menggunakan persamaan (Brownell & Young)

$$t = \frac{P_{des} \times R + c}{SE - 0,6P_{des}}$$

Dimana :

- t = tebal tangki , in
- p = tekanan design , psi
- R = jari-jari tangki , in
- S = tegangan maksimum , psi
- E = efisiensi sambungan , -
- c = faktor korosi , in

Untuk pengelasan, digunakan *double-welded butt joint* , dengan spesifikasi sebagai berikut :

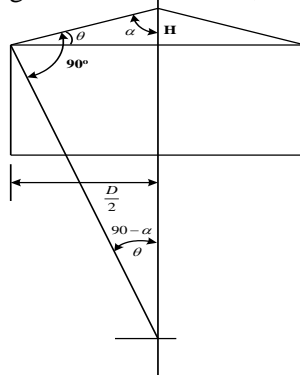
E = 0,8 (Brownell & Young, page 254)
 c = 0,125
 S = 12650

Sehingga t dapat dihitung,

$$t = \frac{16,93 \times 15,5}{12650 \times 0,8 - 10,2} + 0,125 = 0,15 \text{ in}$$

Digunakan tebal *standart* yaitu 1/4 in

Menghitung tebal *head conical* ,



Menghitung tebal *cone* menggunakan pers Brownell (1959)

Safety factor = 10%

$$P_{des} + \text{safety factor} = 16,9 + 1,69 = 18,6 \text{ Psi}$$

$$t_c = \frac{P_{des} \cdot D}{2 \cos \alpha (SE - 0,6 \cdot P_{des})}$$

$$= \frac{18,62 \times 371,24}{2 \times 0,5 (10120 - 11,2)} = 0,6837 \text{ in}$$

Dipilih tebal standart yaitu 3/4 in

Menghitung tebal *head flat* (atas)

Dari tebal *shell* dapat diketahui :

$$Sf = 2 \frac{1}{4} \quad (\text{Dari tabel 5.8 Brownell\&Young})$$

$$C = 0,162 \quad (\text{Dari figure 13.8 Brownell\&Young})$$

$$P_{op} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,696 \text{ psi}$$

$$t_{flat} = D_{inside} \sqrt{C \frac{P_{des}}{S E}} + c$$

$$= 371,24 \text{ in} \times 0,00012 + 0,125 = 0,1687 \text{ in}$$

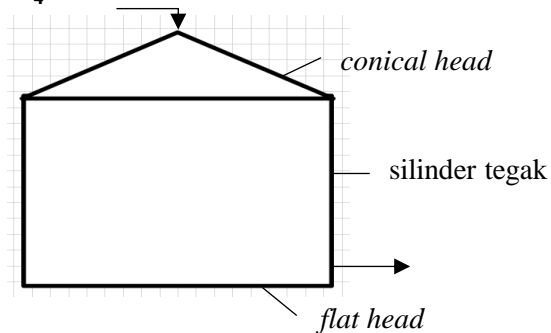
Dipilih tebal standart yaitu 1/4 in

$$\begin{aligned}\text{Tinggi total tangki} &= H + h + t_{\text{flat}} \\ &= 61,8727 + 26,377 + 0,0208 \text{ ft} \\ &= 88,2703 \text{ ft}\end{aligned}$$

Spesifikasi :

| | |
|----------------------------|--|
| Kode Alat | = F-213 |
| Fungsi | = Menyimpan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ |
| Tipe Tangki | = <i>Cylindrical - Flat Roof - Conical Bottom Tank</i> |
| Jumlah Tangki | = 1 (Satu) |
| Bahan Konstruksi | = <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Kapasitas Tangki | = 53194 ft ³ |
| Tinggi Tangki | = 88,27 ft |
| Diameter Tangki | = 30,94 ft |
| Tebal <i>shell</i> | = 1/4 in |
| Tinggi <i>head conical</i> | = 26,38 ft |
| Tebal <i>head conical</i> | = 3/4 in |
| Tebal <i>head flat</i> | = 1/4 in |

2. Tangki H_3PO_4



Fungsi : Menyimpan asam fosfat
 Tipe : bejana silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk *conical*

Bahan konstruksi yang dipilih adalah Carbon Steel SA-212 Grade A dengan *allowable stress* sebesar 16250 psi

Menentukan dimensi tangki,

Bahan baku disimpan untuk jangka waktu 30 hari pada 1 unit tangki penyimpanan asam fosfat. Jumlah asam fosfat yang ditampung per tangki untuk kebutuhan produksi,

$$251832,50 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 30 \text{ hari} = 7554974,87 \text{ kg/tangki}$$

Tabel 5.2 Densitas campuran (asam fosfat dan air)

| Komponen | xi | ρ (kg/m ³) | $\rho \cdot x_i$ |
|--------------------------------|------|-----------------------------|------------------|
| H ₃ PO ₄ | 0,98 | 1864 | 1826,72 |
| H ₂ O | 0,02 | 995,68 | 19,91 |
| Total | 1 | | 1846,63 |

Volume asam fosfat yang ditampung per unit tangki

$$7554974,87 \text{ kg} \times \frac{1}{1846,6336 \text{ kg/m}^3} = 4091,21 \text{ m}^3$$

Safety factor tangki : 0,1

Sehingga didapatkan volume tangki yang akan direncanakan,

$$V_{\text{liquid}} = 4500,34 \text{ m}^3 = 28306,26 \text{ bbl}$$

Menentukan diameter dan tinggi tangki

$$V_{\text{liquid}} = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) H$$

$$4500,34 = \left(\frac{3,14 D^2}{4} \right) D$$

$$4500,34 = 0,785 D^3$$

$$D^3 = \frac{4500,34}{0,785}$$

$$= 5732,9 \text{ meter}$$

$$D = 17,90 \text{ meter} = 58,72 \text{ ft}$$

$$R = 8,95 \text{ meter} = 29,36 \text{ ft}$$

$$H = D$$

$$= 17,90 \text{ meter} = 58,72 \text{ ft}$$

Tinggi silinder 58,719 ft maka dipilih tinggi standa 64 ft

Digunakan plate dengan lebar 8 ft sebanyak 8 buah (8 course)

$$V_{\text{silinder}} = \frac{\pi D^2 H}{4} = \frac{3,14 \times 4096 \times 64}{4} = 205783 \text{ ft}^3$$

Menghitung tebal dan panjang *shell course* , menggunakan persamaan 3.16 dan 3.17 pg. 45 (Brownell & Young)

$$t = \frac{P \times R + c}{SE - 0,6P}$$

Dimana : t = ketebalan , in
 P = tekanan design , psi
 R = jari-jari , in
 S = Allowable stress , psi
 E = Joint efficiency , -
 c = Corrosion allowance , in

Untuk pengelasan, digunakan *double-welded butt joint* , dengan spesifikasi sebagai berikut :

$E = 0,8$ (Brownell & Young, page 254)
 $c = 0,125$
 $S = 16250$

Dengan rumus tekanan desain yaitu

$$\begin{aligned} P_{\text{op}} &= P_{\text{hidrostatik}} = \rho_{\text{As}} \times \frac{H}{144} \\ P_{\text{des}} &= 1,05 \times P_{\text{op}} \\ &= 1,05 \times \rho_{\text{As}} \times \frac{H}{144} \end{aligned}$$

Sehingga t dapat dihitung,

$$t = \frac{P_{\text{des}} \times R}{SE - 0,6 P_{\text{des}}} + c$$

Panjang *shell course* dihitung menggunakan persamaan,

$$L = \frac{\pi D - \text{Weld Length}}{12m} \quad (\text{Brownell \& Young, page 55})$$

$\text{Weld Length} = \text{Jumlah plate} \times \text{Allowable Welded Joint}$
 $m = \text{Jumlah plate} = 10$

$\text{Allowable Welded Joint} = 5/32 = 0,1563 \text{ in}$

Perhitungan Course Pertama

$$H_1 = 64 \text{ ft}$$

$$P_{\text{des}} = 1,05 \times 115,28 \times \frac{64}{144} = 53,80 \text{ Psi}$$

$$t_{s1} = \frac{53,80}{16250} \times \frac{384}{0,8 - 32,3} + 0,125 = 1,718 \text{ in}$$

Untuk course 1, dipilih *plate* dengan ketebalan

$$= 1,718 \text{ in} = 1 \frac{11}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} (\text{ODs})_1 &= (12 \times D) + 2t_1 \\ &= 768 + 3,44 \\ &= 771,44 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{(\pi \times (D + t_1)) - (m \times \text{allowable welded joint})}{12 \times m} \\ &= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 1,718) \} - 1,563}{120} \\ &= 20,128 \text{ ft} \\ &= 20 \text{ ft } 1,535 \text{ in} \\ &= 20 \text{ ft } 1 \frac{17}{32} \text{ in} \end{aligned}$$

Perhitungan Course ke-2

$$H_2 = H_1 - 8 = 64 - 8 = 56 \text{ ft}$$

$$P_{\text{des}} = 1,05 \times 115,28 \times \frac{56}{144} = 47,07 \text{ Psi}$$

$$t_{s2} = \frac{47,07}{16250} \times \frac{384}{0,8 - 28,2} + 0,125 = 1,518 \text{ in}$$

Untuk course 2, dipilih *plate* dengan ketebalan

$$= 1,518 \text{ in} = 1 \frac{8}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}(\text{ODs})_2 &= (12 \times D) + 2t_2 \\&= 768 + 3,037 \\&= 771,037 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_2 &= \frac{(\pi \times (D + t_2)) - (n \times \text{allowable welded joint})}{12 \times n} \\&= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 1,518) \} - 1,563}{120} \\&= 20,123 \text{ ft} \\&= 20 \text{ ft } 1,473 \text{ in} \\&= 20 \text{ ft } 1 \frac{15}{32} \text{ in}\end{aligned}$$

Perhitungan Course ke-3

$$H_3 = H_2 - 8 = 56 - 8 = 48 \text{ ft}$$

$$P_{\text{des}} = 1,05 \times 115,28 \times \frac{48}{144} = 40,348 \text{ Psi}$$

$$t_{s3} = \frac{40,348 \times 384}{16250 \times 0,8 - 24,2} + 0,125 = 1,319 \text{ in}$$

Untuk course 3, dipilih plate dengan ketebalan

$$= 1,319 \text{ in} = 1 \frac{5}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}(\text{ODs})_3 &= (12 \times D) + 2t_3 \\&= 768 + 2,6381 \\&= 770,638 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_3 &= \frac{(\pi \times (D + t_3)) - (n \times \text{allowable welded joint})}{12 \times n} \\&= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 1,319) \} - 1,563}{120} \\&= 20,117 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \text{ ft } 1,410 \text{ in} \\
 &= 20 \text{ ft } 1 \frac{13}{32} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Course ke-4

$$\begin{aligned}
 H_4 &= H_3 - 8 = 48 - 8 = 40 \text{ ft} \\
 P_{\text{des}} &= 1,05 \times 115,28 \times \frac{40}{144} = 33,624 \text{ Psi} \\
 t_{s4} &= \frac{33,624 \times 384}{16250 \times 0,8 - 20,2} + 0,125 = 1,120 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Untuk course 4, dipilih plate dengan ketebalan

$$= 1,120 \text{ in} = 1 \frac{2}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}
 (\text{ODs})_4 &= (12 \times D) + 2t_4 \\
 &= 768 + 2,239 \\
 &= 770,239 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_4 &= \frac{(\pi \times (D + t_4)) - (n \times \text{allowable welded joint})}{12 \times n} \\
 &= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 1,120) \} - 1,563}{120} \\
 &= 20,112 \text{ ft} \\
 &= 20 \text{ ft } 1,3473 \text{ in} \\
 &= 20 \text{ ft } 1 \frac{11}{32} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Course ke-5

$$\begin{aligned}
 H_5 &= H_4 - 8 = 40 - 8 = 32 \text{ ft} \\
 P_{\text{des}} &= 1,05 \times 115,28 \times \frac{32}{144} = 26,899 \text{ Psi} \\
 t_{s5} &= \frac{26,899 \times 384}{16250 \times 0,8 - 16,1} + 0,125 = 0,921 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Untuk course 5, dipilih plate dengan ketebalan

$$= 0,921 \text{ in} = \frac{15}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} (\text{ODs})_5 &= (12 \times D) + 2t_5 \\ &= 768 + 1,841 \\ &= 769,841 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_5 &= \frac{(\pi \times (D + t_5)) - (n \times \text{allowable welded joint})}{12 \times n} \\ &= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 0,921) \} - 1,563}{120} \\ &= 20,107 \text{ ft} \\ &= 20 \text{ ft } 1,285 \text{ in} \\ &= 20 \text{ ft } 1 \frac{9}{32} \text{ in} \end{aligned}$$

Perhitungan Course ke-6

$$H_6 = H_5 - 8 = 32 - 8 = 24 \text{ ft}$$

$$P_{\text{des}} = 1,05 \times 115,28101 \times \frac{24}{144} = 20,174 \text{ Psi}$$

$$t_{s6} = \frac{20,174 \times 384}{16250 \times 0,8 - 12,1} + 0,125 = 0,721 \text{ in}$$

Untuk course 6, dipilih plate dengan ketebalan

$$= 0,721 \text{ in} = \frac{12}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} (\text{ODs})_6 &= (12 \times D) + 2t_6 \\ &= 768 + 1,443 \\ &= 769,443 \text{ in} \end{aligned}$$

$$L_6 = \frac{(\pi \times (D + t_6)) - (n \times \text{allowable welded joint})}{12 \times n}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 0,721) \} - 1,563}{120} \\
 &= 20,102 \text{ ft} \\
 &= 20 \text{ ft } 1,222 \text{ in} \\
 &= 20 \text{ ft } 1 \frac{7}{32} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Course ke-7

$$\begin{aligned}
 H_7 &= H_6 - 8 = 24 - 8 = 16 \text{ ft} \\
 P_{des} &= 1,05 \times 115,28 \times \frac{16}{144} = 13,449 \text{ Psi} \\
 t_{s7} &= \frac{13,449 \times 384}{16250 \times 0,8 - 8,07} + 0,125 = 0,523 \text{ in} \\
 &\text{Untuk course 7, dipilih plate dengan ketebalan} \\
 &= 0,523 \text{ in} = \frac{8}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}
 (ODs)_7 &= (12 \times D) + 2t_7 \\
 &= 768 + 1,045 \\
 &= 769,045 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_7 &= \frac{(\pi \times (D + t_7)) - (n \times \text{allowable welded joint})}{12 \times n} \\
 &= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 0,523) \} - 1,563}{120} \\
 &= 20,097 \text{ ft} \\
 &= 20 \text{ ft } 1,1598 \text{ in} \\
 &= 20 \text{ ft } 1 \frac{5}{32} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Course ke-8

$$H_8 = H_7 - 8 = 16 - 8 = 8 \text{ ft}$$

$$P_{des} = 1,05 \times 115,28 \times \frac{8}{144} = 6,725 \text{ Psi}$$

$$t_{s8} = \frac{6,725 \times 384}{16250 \times 0,8 - 4,03} + 0,125 = 0,324 \text{ in}$$

Untuk course 8, dipilih plate dengan ketebalan

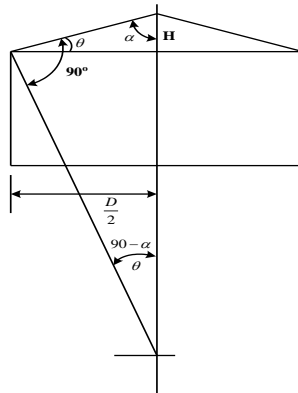
$$= 0,324 \text{ in} = \frac{5}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} (ODs)_8 &= (12 \times D) + 2t_8 \\ &= 768 + 0,647 \\ &= 768,647 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_8 &= \frac{(\pi \times (D + t_8)) - (n \times \text{allowable welded joint})}{12 \times n} \\ &= \frac{\{ 3,14 \times (768 + 0,324) \} - 1,563}{120} \\ &= 20,091 \text{ ft} \\ &= 20 \text{ ft } 1,097 \text{ in} \\ &= 20 \text{ ft } 1 \frac{3}{32} \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung head tangki,



Digunakan tutup atas conical dengan $\alpha = 60$ degree
 Tinggi head (Hh) dapat dihitung dengan persamaan,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,5 \times D}{Hh}$$

$$Hh = \frac{0,5 \times D}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{0,5 \times 64}{1,73} = 18,475 \text{ ft}$$

Menghitung tebal cone

Berdasarkan persamaan 6.154 pg. 118 Brownell (1959)

$$t_c = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (f.E - 0,6.P)}$$

$$= \frac{6,725 \times 768}{2 \times 0,5 (13000 - 4,03)} = 0,397 \text{ in}$$

Sehingga dipilih tebal standart yaitu $1/2$ in

Tinggi total tangki = H + Hh

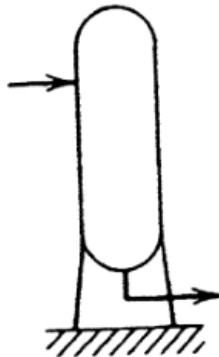
$$= 64 + 18 = 82 \text{ ft}$$

Spesifikasi :

| | |
|--------------------------------------|--|
| Kode Alat | = F-112 |
| Fungsi | = Menyimpan asam fosfat |
| Tipe Tangki | = <i>Cylindrical - Conical Roof - Flat Bottom Tank</i> |
| Jumlah Tangki | = 1 (Satu) |
| Bahan Konstruksi | = <i>Carbon Steel SA-212 Grade A</i> |
| Kapasitas Tangki | = 205783 ft ³ |
| Tinggi Tangki | = 64 ft |
| Diameter Tangki | = 64 ft |
| Tebal <i>Shell</i> per <i>Course</i> | |
| <i>Course 1</i> | = 1 11/16 in |
| <i>Course 2</i> | = 1 8/16 in |
| <i>Course 3</i> | = 1 5/16 in |
| <i>Course 4</i> | = 1 2/16 in |
| <i>Course 5</i> | = 15/16 in |

| | | | |
|--------------------|---|-------|----|
| Course 6 | = | 12/16 | in |
| Course 7 | = | 8/16 | in |
| Course 8 | = | 5/16 | in |
| Tinggi Head Tangki | = | 18,48 | ft |
| Tebal Head Tangki | = | 1/2 | in |

3. Tangki NH₃



Fungsi : Menyimpan NH₃ pada tekanan 11 atm dan temperatur 268 K

Menentukan tipe tangki penyimpanan,

Tipe tangki yang dipilih berbentuk silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk *torispherical head*

Bahan konstruksi yang dipilih adalah Carbon Steel SA-283 s Grade C dengan *allowable stres* 12650 psi

Menentukan dimensi tangki,

Digunakan 6 tangki untuk bahan baku yang disimpan untuk jangka waktu 14 hari pada unit tangki penyimpanan.

Jumlah NH₃ yang ditampung per tangki :

$$\frac{68784,11 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 14 \text{ hari}}{6} = 160496,26 \text{ kg/tangki}$$

Menghitung volume NH₃ di tangki penyimpanan,

$$P = 11 \text{ kg/cm}^2 = 156,456 \text{ Psi} = 11 \text{ atm}$$

$$T = -5 \text{ }^{\circ}\text{C} = 268 \text{ K}$$

Tabel 5.3 Densitas campuran (NH₃ dan air)

| Komponen | xi | ρ (kg/m ³) | ρ.xi |
|------------------|-------|------------------------|---------|
| NH ₃ | 0,995 | 638,6 | 635,407 |
| H ₂ O | 0,005 | 995,68 | 4,9784 |
| Total | 1 | | 640,385 |

Volume NH₃ yang ditampung per unit tangki penyimpanan,

$$160496,26 \text{ kg} \times \frac{1}{640,3854 \text{ kg/m}^3} = 250,62 \text{ m}^3$$

$$= 8850,3 \text{ ft}^3$$

Sehingga didapatkan volume tangki yang akan direncanakan,

$$V_{\text{liquid}} = 250,62 \text{ m}^3 = 1576,38 \text{ bbl}$$

Dengan perbandingan H/D = 3, diameter tangki dapat dihitung :

$$V_{\text{liquid}} = \left[\left(\frac{\pi D^2}{4} \right) H + \left(2 \cdot 0,000049 D^3 \right) \right]$$

$$250,6 = \left(\frac{3,14 D^2}{4} \right) 3D + \left(0,000049 2D^3 \right)$$

$$250,6 = \left(2,355 D^3 + 0,000098 D^3 \right)$$

$$D^3 = \frac{250,6}{2,36} = 212,8 \text{ meter}$$

$$D = 5,97 \text{ meter} = 19,5884 \text{ ft}$$

$$r = 2,99 \text{ meter} = 9,7942 \text{ ft}$$

$$H = 3D$$

$$= 17,9 \text{ meter} = 58,7652 \text{ ft}$$

Menghitung tebal shell course dengan pers III.4 (Prajitno)

$$t = \frac{P \times D}{2 \times f \times E - P}$$

Dimana : t = Thickness of shell , in
 P = Internal pressure , psi
 D = Inside diameter , in
 f = Allowable stress , psi
 E = Joint efficiency , -
 c = Corrosion allowance , in

Menentukan tekanan desain

$$\begin{aligned} P_h &= \rho_{As} \times \frac{H}{144} \\ P &= 1,05 (P_{op} + P_h) \\ &= 1,05 \times \left\{ 156,456 + \left(\rho_{As} \times \frac{H}{144} \right) \right\} \\ &= 1,05 \times \left\{ 156,456 + \left(39,978 \times \frac{58,8}{144} \right) \right\} \\ &= 181,41 \text{ Psi} \end{aligned}$$

Untuk pengelasan, digunakan double-welded butt joint, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= 0,85 \quad (\text{Brownell \& Young, page 254}) \\ c &= 0,125 \\ f &= 12650 \end{aligned}$$

Sehingga t dapat dihitung,

$$\begin{aligned} t &= \frac{P \times D}{2fE - P} = \frac{181,41 \times 235,06}{2(12650 \times 0,85) - 181,41} \\ &= 2,00 \text{ in} \end{aligned}$$

Digunakan tebal standart yaitu 2 in

Menghitung tebal head : berdasarkan pers 7.76 dan 7.77 page. 138 Brownell (1959), tebal head diperoleh sbb:

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{ri}} \right)$$

$$t = \frac{P \times r_c \times W}{2f.E - 0,2.P} + c$$

Dari tabel 5.7 page 90 Brownell & Young didapatkan

$$r_c = r = 180 \text{ in}$$

$$r_i = i_c = 14 \frac{7}{16} \text{ in}$$

$$W = 0,25 \times (3 + 3,53) = 1,63 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2f.E - 0,2.P} + 0,125$$

$$= \frac{181,41 \times 180 \times 1,63}{(2 \times 12650 \times 0,85) - (0,2 \times 181,41)} + 0,125$$

$$= 2,6 \text{ in}$$

Digunakan tebal standart yaitu $2 \frac{3}{4} \text{ in}$

Menghitung tinggi head, Berdasarkan penentuan dimensi *dished head* pg. 87 Brownell (1959)

diperoleh harga:

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{235,06}{2} = 117,53 \text{ in}$$

$$BC = r_c - i_c = 180 - 14 = 165,56 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - i_c = 117,53 - 14 = 103,09 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{0.5} = 129,548 \text{ in}$$

$$b = r_c - AC = 180 - 129,55 = 50,452 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 pg.88 Brownell (1959), untuk tebal head $2 \frac{3}{4} \text{ in}$ diperoleh harga $sf = 1 \frac{1}{2} - 4 \frac{1}{2}$. Dipilih $sf = 4 \frac{1}{2}$

$$Hh = t_h + b + sf$$

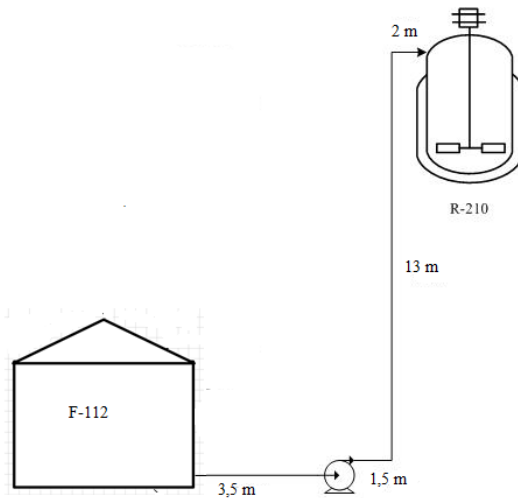
$$= 2,61 + 50,4516 + 4,5$$

$$= 57,56 \text{ in} = 1,46 \text{ meter}$$

Spesifikasi :

| | | |
|--------------------------|---|---|
| Kode Alat | = | F-211 |
| Fungsi | = | Menyimpan NH_3 |
| Tipe Tangki | = | <i>Cylindrical - Torispherical Roof - Torispherical Bottom Tank</i> |
| Bahan Konstruksi | = | <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Tekana Operasi | = | 11 atm |
| Tekanan Desain | = | 12,34 atm |
| Kapasitas Tangki | = | 8850 ft^3 |
| Tinggi Tangki | = | 68,36 ft |
| Diameter Tangki | | |
| Diameter dalam | = | 19,6 ft |
| Diameter luar | = | 19,9 ft |
| Tebal <i>Shell</i> | = | 2 in |
| Tinggi <i>Head</i> | = | 4,80 ft |
| Tebal <i>Head</i> Tangki | = | 2 3/4 in |

4. Pompa H_3PO_4



Fungsi : Memompa asam fosfat dari tangki penyimpanan menuju pre-neutralizer reaktor

- Jenis : Pompa sentrifugal
 Jumlah : 1 unit
 Bahan konstruksi : *High Alloy Steel* SA-240 Grade
 M Tipe: 316
 - Flowrate = 10493,021 kg/jam
 = 23133 lb/jam

Tabel 5.4 Densitas campuran (asam fosfat dan air)

| Komponen | xi | ρ (kg/m ³) | $\rho \cdot x_i$ |
|--------------------------------|-----|-----------------------------|------------------|
| H ₃ PO ₄ | 0,5 | 1329 | 664,5 |
| H ₂ O | 0,5 | 995,68 | 497,84 |
| Total | 1 | | 1162,34 |

- ρ campuran = 1162,3 kg/m³ = 73 lbm/ft³

Tabel 5.5 Viskositas campuran (asam fosfat dan air)

| Komponen | xi | μ_i (cP) | $\mu_i \cdot x_i$ |
|--------------------------------|-----|--------------|-------------------|
| H ₃ PO ₄ | 0,5 | 2,0625 | 1,03125 |
| H ₂ O | 0,5 | 0,8007 | 0,40035 |
| Total | 1 | | 1,4316 |

- μ H₃PO₄ = 1,43 cP = 3,4632 lbm/ft hr
 = 0,0014 kg/m.s

- Laju alir volumetrik, $Q = \frac{F}{\rho} = \frac{10493 \text{ kg/jam}}{1162,3 \text{ kg/m}^3}$
 = 9,027 m³/jam
 = 0,08856 ft³/s

1. Perencanaan Pompa

Asumsi : Aliran turbulen ($N_{re} > 2100$)

Di optimum = $0,363 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13}$

(Timmerhause, pers.15, hal 496)

$$\begin{aligned}
 \text{Di optimum} &= 0,363 (0,08856)^{0,45} (73)^{0,13} \\
 &= 0,2128 \text{ ft} \\
 &= 2,554 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Appendix A.5-1 Geankoplis ditentukan :

Nominal pipe size : 3 in = 0,0762 m

Schedule number : 80

Diameter luar : 3,5 in = 0,0889 m

Diameter dalam : 2,9 in = 0,0737 m

Inside sectional area : 0,00459 ft²

2. Jenis Aliran

$$v = \frac{Q}{A_i} = \frac{0,0886 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0046 \text{ ft}^2} = 19,3058 \text{ ft/s} = 5,8845 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
 NRe &= \frac{\rho v ID}{\mu} = \frac{(1162,34)(5,8845)(0,0737)}{0,0014316} \\
 &= 351927,48
 \end{aligned}$$

Karena $Nre > 2100$, maka asumsi aliran turbulen benar ukuran pipa keluar dipilih = 3 in dan *Schedule number* = 80

3. Perhitungan Friction Losses

a. Friksi pada pipa lurus

Panjang pipa yang digunakan:

$$\begin{aligned}
 - \text{pipa lurus} &= 20 \text{ m} \\
 - 2 \text{ elbow } 90^\circ &= 2 \times 35 \times 0,0737 = 5,16 \text{ m} \\
 - 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 9 \times 0,0737 = 0,66 \text{ m} \\
 \text{total pipa} &= 25,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bahan pipa yang digunakan : Commercial Steel

Untuk pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

ID = 0,0737 m

Panjang total pipa lurus = 25,8 m

$N_{re} = 351927,48$ (aliran turbulen)

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{0,000046 \text{ m}}{0,0737 \text{ m}} = 0,00062 \text{ m}$$

Dengan memplotkan ε/ID dan N_{re} didapat faktor friksi :

$$f = 0,004 \quad (\text{Geankoplis, fig. 2.10-3})$$

Sehingga *friction loss* :

$$\begin{aligned} F_f &= \frac{4f \Delta L \times v^2}{D \times 2} \quad (\text{Geankoplis, pers. 2.10-5}) \\ &= \frac{4 \times 0,004 \times 25,8 \times (5,8845)^2}{0,0737 \times 2} \\ &= 97,1 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

b. Sudden Contraction

Friksi yang terjadi karena adanya perpindahan dari luas penampang besar ke luas penampang kecil

Untuk aliran turbulen, $\alpha = 1$ (Geankoplis, hal 98)

$$h_c = K_c \frac{v_2^2}{2\alpha} \quad (\text{Geankoplis, pers. 2.10-17})$$

$$K_c = 0,55 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

Karena A_2 jauh lebih kecil dari A_1 , maka A_2/A_1 dianggap 0, sehingga, harga $K_c = 0,55$

$$h_c = 0,55 \frac{(5,8845)^2}{2 \times 1} = 9,5225 \text{ J/kg}$$

c. Friksi pada elbow :

Digunakan 2 buah elbow 90°

$$K_f = 0,75 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1})$$

$$\begin{aligned} h_f &= K_f \frac{v_2^2}{2\alpha} \\ &= 2 \times 0,75 \frac{(5,88449)^2}{2 \times 1} = 25,97 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

d. Friksi pada Valve

Digunakan 1 buah Gate Valve

$$K_f = 0,17 \quad (\text{Geankoplis, tabel 2.10-1})$$

$$h_f = K_f \frac{v_2^2}{2\alpha} \quad (\text{Geankoplis, pers. 2.10-17})$$

$$h_f = 0,17 \frac{(5,8845)^2}{2 \times 1} = 2,9433 \text{ J/kg}$$

e. Sudden Enlargement Losses

Friksi yang terjadi karena adanya perpindahan dari luas penampang kecil ke luas penampang besar

Untuk aliran turbulen, $\alpha = 1$ (Geankoplis, hal 98)

$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v_2^2}{2\alpha}$$

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

Karena A_2 jauh lebih kecil dari A_1 , maka A_2/A_1 dianggap 0, sehingga, harga $K_c = 1$

$$h_{ex} = 1 \frac{(5,8845)^2}{2 \times 1} = 17,314 \text{ J/kg}$$

f. Friksi total pada pompa

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_f + H_c + h_f (\text{elbow} + \text{valve}) + h_{ex} \\ &= 97,1 + 9,52 + 25,97 + 2,94 + 17,31 \\ &= 152,85 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

4. Daya Pompa

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_s &= \frac{(P_2 - P_1)}{\rho} + (Z_2 - Z_1) \times g + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + \Sigma F \\ &\quad (\text{Geankoplis, pers. 2.7-28}) \end{aligned}$$

Dimana :

Tekanan di titik 1 (P_1) : tekanan keluar tangki H_3PO_4

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

Tekanan di titik 2 (P_2) : tekanan masuk pre-neutralizer reaktor

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 0 \text{ Pa}$$

$$\Delta Z = 2,1 \text{ m}$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 0 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} -W_s &= \frac{0}{1162,3} + (2,1 \times 9,8) + \frac{0}{2} + 152,85 \\ &= 173,43 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$W_s = -173,43 \text{ J/kg}$$

$$W_s = -\eta \times W_p \quad (\text{Geankoplis, hal 104})$$

$$-173,43 = -0,8 \times W_p$$

$$W_p = 216,79 \text{ J/kg}$$

5. Power Pompa

$$\text{Mass flowrate} = 10493,0 \text{ kg/jam}$$

$$= 2,9147 \text{ kg/s}$$

$$W_p = 216,79 \text{ J/kg}$$

$$\text{Brake Horse Power} = \text{mass flowrate} \times W_p$$

$$= 2,91473 \times 216,79$$

$$= 631,87488 \text{ W}$$

$$= 0,63187 \text{ kW}$$

$$= 0,84702 \text{ Hp}$$

$$\text{Maka dipilih pompa dengan daya motor} = 1,5 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

$$\text{Kode Alat} = \text{L-115}$$

$$\text{Fungsi} = \text{Memompa asam fosfat dari tangki}$$

$$\text{Tipe} = \text{Centrifugal Pump}$$

$$\text{Kapasitas} = 0,09 \text{ ft}^3/\text{s}$$

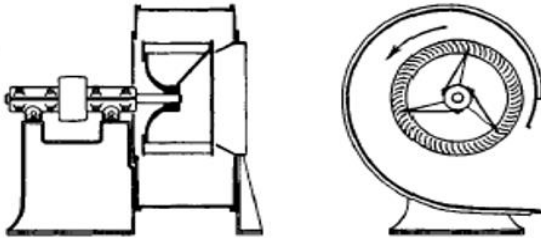
$$\text{Power pompa} = 0,8 \text{ hp}$$

$$\text{Ukuran pipa}$$

$$\text{D nominal} = 3,0 \text{ in}$$

| | | |
|-------------|---|-------------------------------|
| ID | = | 2,9 in |
| OD | = | 3,5 in |
| Schedule No | = | 80,0 |
| Bahan | = | High Alloy Steel SA-240 Grade |
| Power motor | = | 1,5 hp |

5. Blower Heat Exchanger



Fungsi : Mengalirkan udara ke dalam heat exchanger untuk meningkatkan suhu NH_3

Jenis : Sentrifugal

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm = 407,19 inch H_2O

- Temperatur = 33 $^{\circ}\text{C}$

- Flowrate = 29738,83 kg/jam

- ρ udara = 1,167 kg/m^3

- Laju alir volumetrik, $Q = \frac{F}{\rho} = \frac{29738,834 \text{ kg/jam}}{1,167 \text{ kg/m}^3}$
 $= 25483,149 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 14999 \text{ ft}^3/\text{min}$

Daya Blower (*Perry's Ed.08,pers 10-83*)

$$P = 2,72 \times 10^{-5} \times Q \times P$$

$$= 2,72 \times 10^{-5} \times 25483,15 \times 407,19$$

$$= 282,24 \text{ kW}$$

$$= 210,47 \text{ hp}$$

maka dipilih blower dengan daya motor 210 hp

Spesifikasi :

Kode Alat = G-221B

Fungsi = Menghembuskan udara ke heat exchanger

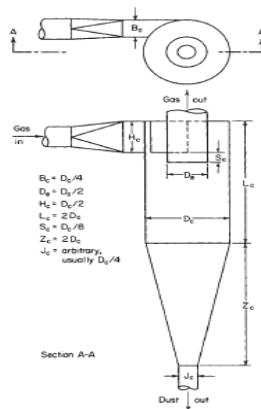
Jumlah = 1 (Satu)

Tipe = *Centrifugal fan Tipe Backward-Curved*

Kapasitas = 8,26 kg/s

Power = 210 hp

6. Cyclone



Fungsi : Menangkap padatan yang terikut udara dari Rotary Dryer dan Rotary Cooler

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

- Flowrate = 98381,566 kg/jam
= 216891 lb/jam

Tabel 5.6 Densitas campuran

| Komponen | x_i | ρ (kg/m ³) | $\rho \cdot x_i$ |
|--|-----------|-----------------------------|------------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,0018027 | 1769 | 3,1888885 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 0,0018982 | 1530 | 1,8899925 |
| CO(NH ₂) ₂ | 0,000151 | 1323 | 0,1999369 |
| KCl | 0,000827 | 1987 | 1,6429793 |
| H ₂ O | 0,0607323 | 995,68 | 60,469891 |
| Udara | 0,934589 | 1,167 | 1,0906653 |
| Total | 1,00 | | 68,482353 |

$$- \rho \text{ padatan} = 6,9218 \text{ kg/m}^3 = 0,43 \text{ lbm/ft}^3$$

$$- \rho \text{ gas} = 1,0907 \text{ kg/m}^3 = 0,07 \text{ lbm/ft}^3$$

Karena zat padat tidak memiliki viskositas maka viskositas campuran yaitu antara udara dan uap air dalam udara

Tabel 5.7 Viskositas campuran (udara dan air)

| Komponen | x_i | μ_i (cP) | $\mu_i \cdot x_i$ |
|------------------|--------|--------------|-------------------|
| H ₂ O | 0,0607 | 0,8007 | 0,0486283 |
| Udara | 0,9346 | 0,01879 | 0,0175609 |
| Total | | | 0,0661892 |

Penentuan Dimensi Cyclone

$$D_{p,th} = \sqrt{\frac{9 \cdot \mu \cdot Bc}{\pi \cdot Ns \cdot Vmax \cdot (\rho p - \rho g)}}$$

Referensi : Perry's Ed.08 (page 17-30)

Ns = jumlah putaran efektif dalam cyclone = 4

Vmax = 20 m/s

Data Perry 8ed fig. 17-39

Eo = 85%

D_{pi}/D_p = 3

D_{pi} = 0,03 m

D_{p,th} = D_{pi} / 3 = 0,01 m

$$\begin{aligned}
 (D_{p,th})^2 &= \frac{9 \times \mu \times B_c}{\pi \times N_s \times V_{max} \times (\rho_{padat} - \rho_{gs})} \\
 0,0001 &= \frac{9 \times 0,01756 \times B_c}{3,14 \times 4 \times 20 \times (6,92 - 1,09)} \\
 B_c &= \frac{0,146478}{0,1580483} \\
 B_c &= 0,9268
 \end{aligned}$$

Dimensi cyclone dari Perry's edisi 8

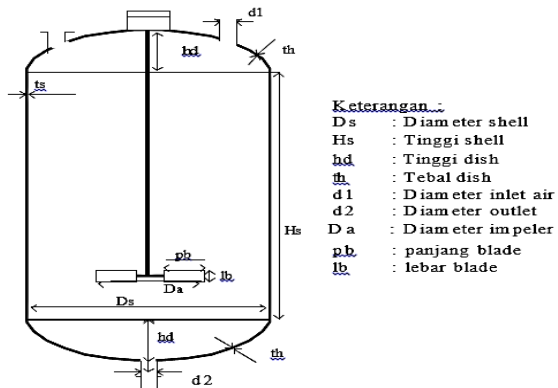
$$\begin{aligned}
 B_c &= \frac{D_c}{4} \\
 D_c &= 3,7072 \text{ meter} \\
 D_e &= \frac{D_c}{2} = \frac{3,7072}{2} = 1,85359 \text{ meter} \\
 H_c &= \frac{D_c}{2} = \frac{3,7072}{2} = 1,85359 \text{ meter} \\
 L_c &= 2 \times D_c = 2 \times 3,70717 = 7,4143 \text{ meter} \\
 S_c &= \frac{D_c}{8} = \frac{3,7072}{8} = 0,4634 \text{ meter} \\
 Z_c &= 2 \times D_c = 2 \times 3,70717 = 7,4143 \text{ meter} \\
 J_c &= \frac{D_c}{4} = \frac{3,7072}{4} = 0,92679 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi :

| | |
|------------------|--|
| Kode Alat | = H-313 |
| Fungsi | = Menangkap padatan yang terikut udara dari Rotary Dryer dan Rotary Cooler |
| Jumlah | = 1 (Satu) |
| Bahan Konstruksi | = <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> |
| Rate Volumetrik | = 98381,6 kg/jam |
| Dimensi Cyclone | |
| Bc | = 0,927 meter |
| Dc | = 3,707 meter |

| | | | |
|----|---|-------|-------|
| De | = | 1,854 | meter |
| Hc | = | 1,854 | meter |
| Lc | = | 7,414 | meter |
| Sc | = | 0,463 | meter |
| Zc | = | 7,414 | meter |
| Jc | = | 0,927 | meter |

7. Pre-Neutralizer Reactor



Fungsi : Mereaksikan NH_3 dengan H_2SO_4 dan H_3PO_4 menjadi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Tipe reaktor yang dipilih yaitu berbentuk silinder vertikal berpengaduk dan tutup atas dan bawah torispherical head
 Bahan konstruksi yang dipilih adalah Carbon Steel SA-283 Grade D dengan maximum *allowable stress* 12650 psi
 Menentukan dimensi tangki,
 Digunakan 1 reaktor untuk untuk mereaksikan NH_3 dengan H_2SO_4 dan H_3PO_4 dengan laju alir massa

$$\text{Flowrate} = \frac{366953,06 \text{ kg}}{24 \text{ jam}} = 15289,71 \text{ kg/jam}$$

Kodisi Operasi :

$$P = 1,03 \text{ kg/cm}^2 = 14,65 \text{ Psi} = 1 \text{ atm}$$

$$T = 120 \text{ }^\circ\text{C} = 393 \text{ K}$$

Tabel 5.8 Densitas campuran

| Komponen | xi | ρ (kg/m ³) | $\rho \cdot x_i$ |
|---|------|-----------------------------|------------------|
| NH ₃ | 0,11 | 638,6 | 68,422 |
| H ₂ SO ₄ | 0,18 | 1826,1 | 319,698 |
| H ₃ PO ₄ | 0,34 | 1329 | 456,033 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,03 | 1769 | 53,962 |
| H ₂ O | 0,34 | 995,68 | 342,654 |
| Total | 1,00 | | 1240,769 |

Tabel 5.9 Viskositas campuran

| Komponen | xi | μ_i (cP) | $\mu_i \cdot x_i$ |
|---|------|--------------|-------------------|
| NH ₃ | 0,11 | 0,0135 | 0,001 |
| H ₂ SO ₄ | 0,18 | 1,9 | 0,333 |
| H ₃ PO ₄ | 0,34 | 7,35 | 2,522 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,03 | 8,94 | 0,273 |
| H ₂ O | 0,34 | 0,8007 | 0,276 |
| Total | | | 3,404 |

Menghitung volume reaktor

$$15289,71 \text{ kg} \times \frac{1}{1240,769 \text{ kg/m}^3} = 12,32 \text{ m}^3$$

Safety factor : 0,1

Sehingga didapatkan volume reaktor yang akan direncanakan,

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 13,56 \text{ m}^3 \\ &= 478,67 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Menentukan diameter dan tinggi reaktor,

Berdasarkan Tabel 4.18 pg. 248 Ulrich (1984), rasio L/D = 2

Diameter tangki ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{tangki}} &= \left[\left(\frac{\pi D^2}{4} \right) L + \left(2 \cdot 0,000049 D^3 \right) \right] \\
 13,56 &= \left[\left(\frac{3,14 D^2}{4} \right) 2D + \left(0,000049 2D^3 \right) \right] \\
 13,56 &= \left(0,785 2D^3 + 0,000049 2D^3 \right) \\
 D^3 &= \frac{13,56}{1,57} \\
 &= 8,6332 \text{ meter} \\
 D &= 2,05 \text{ meter} = 80,765 \text{ in} = 6,7304 \text{ ft} \\
 r &= 1,03 \text{ meter} = 40,383 \text{ in} = 3,3652 \text{ ft} \\
 L &= 2D \\
 &= 2 \times 2,05 \\
 &= 4,1 \text{ meter} = 161,53 \text{ in} = 13,461 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menentukan tebal dinding

Tekanan desain ditentukan dengan rumus dibawah ini

$$\begin{aligned}
 P_{\text{des}} &= 1,2 \times P_{\text{op}} \\
 &= 1,2 \times 14,696 \text{ psia} \\
 &= 17,635 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

Untuk pengelasan, digunakan double-welded butt joint, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= 0,85 \quad (\text{Brownell \& Young, page 254}) \\
 c &= 0,125 \\
 f &= 12650
 \end{aligned}$$

Sehingga t dapat dihitung,

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_{\text{des}} \times r}{f E - 0,6 P_{\text{des}}} + c \\
 &= \frac{17,64 \times 40,383}{(12650 \times 0,85) - 10,581} + 0,125 \\
 &= 0,191 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tebal *shell* standar 5/16 in

Menentukan diameter luar tangki

$$\begin{aligned} (OD)_s &= (ID)_s + 2 t_s = 80,765 + 0,875 \\ &= 81,64 \text{ in} = 6,80 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung tebal head : berdasarkan persamaan 7.76 dan 7.77
page. 138 Brownell (1959), tebal head diperoleh sbb:

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{ri}} \right)$$

$$t = \frac{P \times r_c \times W}{2f.E - 0,2.P}$$

Dari tabel 5.7 page 90 Brownell & Young didapatkan

$$rc = r = 84 \text{ in}$$

$$ri = icr = 5 \frac{1}{8} \text{ in} = 5,125 \text{ in}$$

$$W = 0,25 \times \left(3 + 4,05 \right)$$

$$= 1,76 \text{ in}$$

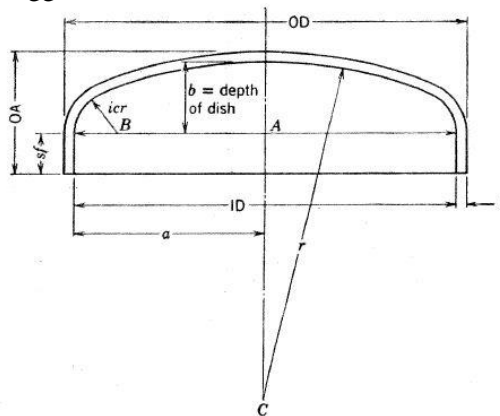
$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2f.E - 0,2.P}$$

$$= \frac{17,64 \times 84 \times 1,7621}{(2 \times 12650 \times 0,85) - (0,2 \times 17,64)}$$

$$= 0,1214 \text{ in}$$

Digunakan tebal head standar $\frac{1}{4} \text{ in}$

Menghitung tinggi head



Berdasarkan penentuan dimensi *dished head* pg. 87 Brownell (1959) diperoleh harga:

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{80,765}{2} = 40,3825 \text{ in}$$

$$BC = rc - icr = 84 - 5,125 = 78,875 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = 40,383 - 5,125 = 35,258 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{0.5} = 70,5562 \text{ in}$$

$$b = rc - AC = 84 - 70,556 = 13,444 \text{ in}$$

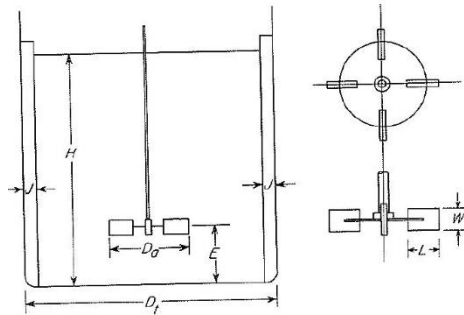
Dari tabel 5.6 pg. 88 Brownell (1959), untuk tebal head 1/4 in diperoleh harga $sf = 1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2}$. Dipilih $sf = 2 \frac{1}{2}$ Maka :

$$\begin{aligned} H_h &= th + b + sf \\ &= 0,25 + 13,4438 + 2,5 \\ &= 16,194 \text{ in} = 0,41132 \text{ meter} = 1,349 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung dimensi pengaduk

Jenis pengaduk : *six-blade turbine*

Jumlah baffle : 4 buah



Menurut McCabe (1999) pg. 243, dimensi turbin standar yaitu:

$$Da/Dt = 1/3 ; Da = 1/3 \times 80,765 = 26,9 \text{ in}$$

$$E/Da = 1 ; E = 1 \times 26,922 = 26,9 \text{ in}$$

$$L/Da = 1/4 ; L = 1/4 \times 26,922 = 6,73 \text{ in}$$

$$W/Da = 1/5 ; W = 1/5 \times 26,922 = 5,38 \text{ in}$$

$$J/D_t = 1/12 ; J = 0,08 \times 80,765 = 6,73 \text{ in}$$

Dimana,

D_t = diameter tangki

D_a = diameter impeller

E = tinggi turbin dari dasar tangki

L = panjang blade turbin

W = lebar blade turbin

J = lebar baffle

Menghitung power pengaduk

Kecepatan pengadukan, $N = 2 \text{ rps}$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{\rho \cdot N \cdot D_a^2}{\mu} \\ &= \frac{1.240,77 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ rps} \times 0,47 \text{ m}^2}{3,404 \text{ kg/m.s}} \\ &= 340,84 \end{aligned}$$

Power pengadukan ditentukan oleh persamaan 9.20 pg. 253

McCabe (1999), nilai K_T diperoleh dari tabel 9.2 pg. 252

$$W/D_a = 0,14$$

$$\text{clearance} = 0,33$$

$$K_T = 2$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{K_T \cdot N^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho}{g_c} \\ &= \frac{2 \times 8 \text{ rps}^3 \times 0,15 \text{ m}^5 \times 1.240,77 \text{ kg/m}^3}{9,8 \text{ m/s}^2} \\ &= 302,88 \text{ kg}_f \cdot \text{m/s} \end{aligned}$$

Menghitung tebal jaket pendingin

Diketahui dari perhitungan neraca panas, air pendingin yang

dibutuhkan yaitu 10181,888 kg/jam

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pendingin}} &= V_{\text{jaket}} \\
 &= \frac{\text{Massa pendingin (air)}}{\text{Densitas air}} = \frac{10181,888}{995,64} \\
 &= 10,226 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$V_{j+s} = \left[\left(\frac{\pi D^2}{4} \times L \left(2 \cdot 0,000049 D^3 \right) \right) \right]$$

Dimana H_j merupakan tinggi *shell* + tinggi *head bootom*

$$V_{j+s} = \left(\frac{3,14 D^2}{4} \right) 2D + \left(0,000049 2D^3 \right)$$

$$23,78 = \left(0,785 2D^3 + 0,000049 2D^3 \right)$$

$$D^3 = \frac{23,78}{1,57}$$

$$= 15,147 \text{ meter}$$

$$D = 2,47 \text{ meter} = 97,41 \text{ in} = 8,117 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak shell dengan jaket} &= D - (\text{OD})_s \\
 &= 97,4 - 81,6 \\
 &= 15,8 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal jaket

$$\begin{aligned}
 P_{\text{des}} &= 1,05 \times P_h = 1,05 \times \left(\text{pair} \times \frac{H_j}{144} \right) \\
 &= 1,05 \times \left(62,155 \times \frac{103}{144} \right) = 46,897 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

Sehingga t dapat dihitung,

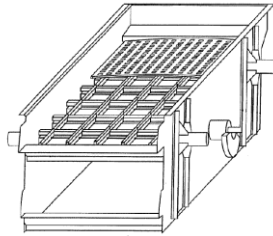
$$\begin{aligned}
 t_j &= \frac{P_{\text{des}} \times r}{f E - 0,6 P_{\text{des}}} + c \\
 &= \frac{46,90 \times 48,70}{(12650 \times 0,85) - 28,138} + 0,125 \\
 &= 0,34 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Digunakan tebal standart yaitu $1/2 \text{ in}$

Spesifikasi :

| | | |
|---------------------------|---|--|
| Kode Alat | = | R-110 |
| Fungsi | = | Mereaksikan NH_3 dengan H_2SO_4 dan H_3PO_4 |
| Tipe Reaktor | = | <i>Cylindrical - Torispherical Roof - Torispherical Bottom Tank</i> |
| Jumlah Tangki | = | 1 (Satu) |
| Bahan Konstruksi | = | <i>Carbon Steel SA-283 Grade D</i> |
| Tekana Operasi | = | 1 atm |
| Tekanan Desain | = | 1,2 atm |
| Kapasitas Tangki | = | 478,67 ft^3 |
| Tinggi Tangki | = | 16,16 ft |
| Diameter Tangki | | |
| Diameter dalam | = | 6,73 ft |
| Diameter luar | = | 6,80 ft |
| Tebal <i>shell</i> | = | 5/16 in |
| Tinggi <i>head</i> tangki | = | 1,35 ft |
| Tebal <i>head t</i> angki | = | 1/4 in |
| Diameter jaket | | |
| Diameter dalam | = | 8,12 ft |
| Diameter luar | = | 9,12 ft |
| Tebal jaket | = | 1/2 in |

8. SCREEN (H-225)



Fungsi : Untuk memisahkan ukuran produk NPK antara *undersize*, *onsize*, dan *oversize*

Kondisi operasi :

Temperatur : 90°C

Rate massa : 622747,75 kg/hari

: 25947,82 kg/jam

: 25,94 ton/jam

Ukuran yang diinginkan = 2 - 4 mm

Dari tabel 19-6 *Perry 7th edition* hal 19-20 diperoleh

untuk 4 mesh : sieve opening (A) = 0,187 inch

= 4,760 mm

wire diameter (D)= 0,061 inch

= 1,540 mm

untuk 10 mesh : sieve opening (A) = 0,066 inch

= 1,680 mm

wire diameter (D)= 0,032 inch

= 0,810 mm

Untuk ukuran 4 mesh

Digunakan tipe screen yaitu *square and slightly rectangular openings*

Dari pers. 19-7 *Perry 7th edition* hal 19-23 diperoleh

$$A = \frac{0,4 \times C_t}{C_u \times F_{oa} \times F_s}$$

Dimana,

A = luas *screen*

C_t = laju alir massa

C_u = kapasitas unit, fig 19-21 = 0,4 ton/jam.ft²

F_{oa} = faktor *open-area*, fig 19-22

F_s = faktor *slotted-area*, tabel 19-7 = 1

$$F_{oa} = \frac{100 \times a^2}{(a+d)} = \frac{3,4969}{0,248} = 14,123$$

sehingga nilai A = 1,84 ft²

Untuk ukuran 10 mesh

$$F_{oa} = \frac{100 \times a^2}{(a+d)} = \frac{0,4369}{0,098} = 4,4584$$

sehingga nilai A = 5,82 ft²

Spesifikasi Screen :

Nama Alat : *Screen*

Tipe : *Double Deck Vibrating Screen*

Kapasitas : 25,94 ton/jam

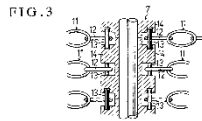
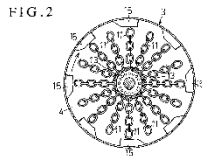
Luas (A)

4 *mesh* : 1,84 ft²

10 *mesh* : 5,82 ft²

Jumlah : 1 buah

9. CHAIN CRUSHER (C-226)



Fungsi: Untuk menghancurkan ukuran produk NPK yang *oversize*

Tipe : *Double rotor chain crusher*

Bahan : *carbon steel*

Kondisi operasi :

Temperatur : 90°C

Rate massa : 93412,2 kg/hari

: 3892,17 kg/jam

: 3,89 ton/jam

Spesifikasi *chain crusher*:

Nama Alat : *chain crusher*

Tipe : *Double rotor chain crusher*

Kapasitas : 3,89 ton/jam

Panjang : 1100 mm

: 1,1 m

Lebar : 700 mm

: 0,7 m

Tinggi : 800 mm

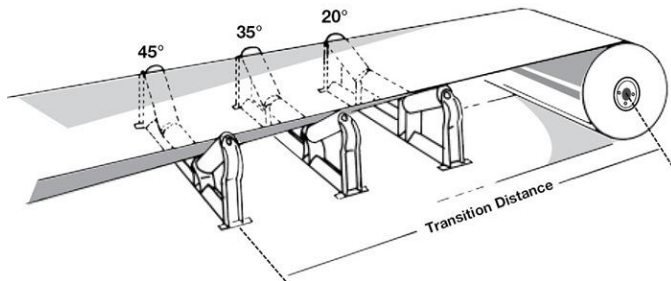
: 0,8 m

Kecepatan rotor : 1500 rpm

Power : 22 Kw

: 30 hp

Jumlah : 1 buah

10. Belt conveyer (J - 215)

Fungsi : menampung recycle dan bahan baku untuk dikembalikan ke granulator

Tipe : *Troughed Antifriction Idlers*

Bahan : *Malleable cast iron*

Jumlah : 1

Kondisi operasi :

Temperatur : 55°C

Rate massa : 351835,01kg/jam

: 351,84 ton/jam

Dari tabel 21-7 *Perry's 7th ed. Page 21-11*

Kapasitas max : 392 ton/jam

Lebar belt : 24 in

Kecepatan belt normal : 300 ft/menit

Kecepatan belt maksimal : 400 ft/menit

Luas beban : 0,33 ft²

Power : 4,08 hp/10 ft

Jumlah : 1 buah

11. Bucket Elevator (J - 223)

Fungsi : mengangkut produk dari *dryer* menuju *screen*

Tipe : *Centrifugal-discharge spaced buckets*

Bahan : *Steel SA 167 Grade Tipe 321*

Jumlah : 1

Kondisi operasi :

Temperatur : 55°C

Rate massa : 745145,55 kg/hari

: 31047,73 kg/jam

: 31,047 ton/jam

Berdasarkan *Perry's Chemical Engineering Table 21-8*,

Ukuran *bucket elevator* : width x projection x depth

: 10 x 6 x 6 1/4

Bucket spacing : 16 in

Putaran *head shaft* : 43 rpm

Kecepatan : 255 ft/menit

Lebar *belt* : 11 in

Tinggi *elevator* : 25 ft

Power poros : 3 hp

Rasio penambahan hp/ft : 0,063 hp/ ft

: 0,063 x 25

: 1,575 hp

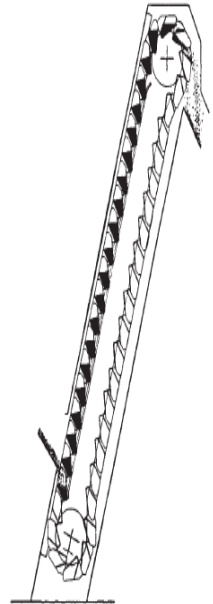
Power Total : 3 – 1,575

: 1,4 hp

Efisiensi : 80%

Power yang digunakan : 1,4 / 0,8

: 1,8 hp

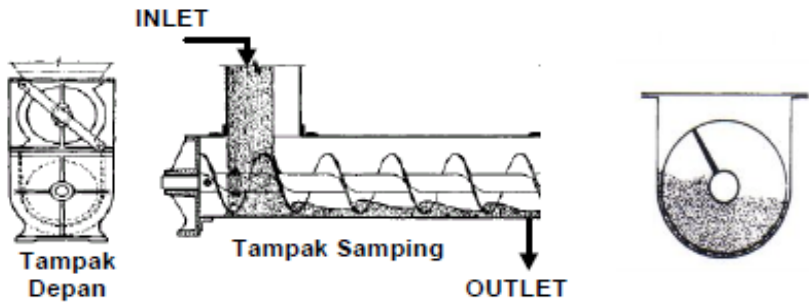


12. Screw Conveyor (J-324)

Fungsi : Memindahkan *coating powder* dari Tangki Penampung menuju *coater drum*

Tipe : *Pipe-mounted Sectional Spiral Flights*

Rate massa : 1100 kg/jam
: 1,10 ton/jam



Berdasarkan *Perry's Chemical Engineering Table* 21-6, page 21-8

Kapasitas max : 5 ton/jam

Diameter of flights : 9 in

Diameter of pipe : 2 in

Diameter of shaft : 2 in

Speed : 40 rpm

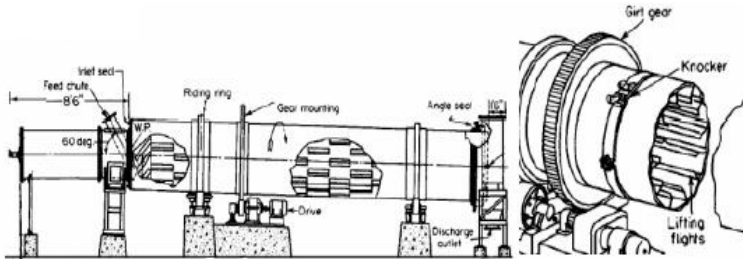
Length : 75 ft

Power : 2,11 hp

Jumlah : 1 buah

13 . ROTARY DRYER (B-220)

Fungsi: Untuk mengeringkan granule NPK dengan udara panas secara *kontinyu* dengan aliran *co-current*.



Kondisi Operasi:

T udara masuk, TG₂ = 110 °C = 230 °F

T udara keluar, TG₁ = 95 °C = 203 °F

T feed masuk, TS₁ = 80 °C = 176 °F

T feed keluar, TS₂ = 90 °C = 194 °F

| Hot Fluid °F | | Cold Fluid °F | Differences °F | |
|-----------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 230 | Higher Temp. | 203 | 27 | Δt ₂ |
| 194 | Lower Temp. | 176 | 18 | Δt ₁ |
| 36 | Differences | 27 | 9 | (Δt ₂ - Δt ₁) |

Log Mean Temperature Difference (LMTD) :

$$\text{LMTD} = \frac{(\Delta t_2 - \Delta t_1)}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{9}{\ln \frac{27}{18}} = 22,2 \text{ } ^\circ\text{F} = 267,7 \text{ K}$$

Menghitung Area Dryer :

$$\begin{aligned}\text{Laju bahan masuk} &= 31047,731 \text{ kg/jam} \\ &= 68447,83 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Massa udara yang digunakan} = 59343,25 \text{ kg/jam}$$

G adalah *mass air velocity* ($0.5 - 5 \text{ kg/m}^2.\text{detik}$)

(Ulrich, Table 4-10)

$$\begin{aligned}G &= 0,5 \text{ kg/m}^2.\text{detik} \\ &= 1800 \text{ kg/m}^2.\text{jam} \\ &= 368,34 \text{ lb/ft}^2.\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Area of Dryer} &= \frac{\text{massa udara}}{G} \\ &= \frac{59343,25}{1800}\end{aligned}$$

$$= 32,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Area of Dryer} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$32,96 \text{ m}^2 = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 6 \text{ m} = 21,26 \text{ ft}$$

Perhitungan koefisien volumetrik heat transfer

$$U_a = \frac{240 \times G^{0.67}}{D} \quad (\text{Ulrich, T 4-10})$$

Keterangan :

U_a = koefisien *volumetrik heat transfer*, ($\text{J/m}^3.\text{s.K}$)

G = *gas mass velocity* ($\text{kg/m}^2.\text{s}$)

D = *diameter dryer* (m)

$$U_a = \frac{240 \times 0,629}{6} = 23,28 \quad \text{J/m}^3.\text{s.K}$$

Perhitungan panjang :

$$Q = U_a \times V \times \Delta T \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-51})$$

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times L}{4} \quad (\text{volume silinder})$$

Keterangan :

Q = Panas Total, J/s

U_a = koefisien *volumetrik heat transfer*, (J/m³.s.K)V = volume drum (m³) ΔT = LMTD (K)D = *diameter dryer* (m)

L = panjang (m)

$$Q = 9421800,79 \text{ kkal/jam}$$

$$= 10950226,25 \text{ J/s}$$

$$U_a = 23,27590335 \text{ (J/m}^3\text{.s.K)}$$

$$\Delta T = 267,704$$

$$Q = U_a \times \frac{\pi \times D^2 \times L \times \Delta T}{4}$$

$$10950226,25 = 23,27 \times 32,968 \text{ L} \times 267,70$$

$$10950226,25 = 205428,09 \text{ L}$$

$$L = 53,304 \text{ m} = 174,88 \text{ ft}$$

Perbandingan :

$$\frac{L}{D} = 4 - 10 \quad (\text{Perry edisi 7, hal 12-54})$$

$$\frac{L}{D} = \frac{53,304}{6,481} = 8,225$$

Perhitungan *time of passes* (θ) :

$$\theta = \frac{0.23 L}{SN^{0.9} D} \pm 0,6 \frac{BLG}{F} \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-55})$$

$$B = 5(Dp)^{-0.5} \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-56})$$

Keterangan:

| | | | |
|----------|---|---------------------------|--|
| θ | = | <i>time of passes</i> | (menit) |
| L | = | panjang | (ft) |
| S | = | <i>slope drum</i> | (ft/ft) |
| N | = | <i>speed</i> | (rpm) |
| D | = | Diameter drum | (ft) |
| B | = | konstanta material | |
| G | = | rate massa udara | (lb/(h.ft ²)) |
| F | = | <i>feed rate to dryer</i> | (lb dry material/(h.ft ²)) |
| Dp | = | ukuran partikel | (μm) |

ketentuan :

S = *slope drum* = 0-8 cm/m (*perry edisi 7, hal 12-56*)G = rate massa udara
= maksimum 5 kg/m².s (*perry edisi 7, hal 12-55*)

Asumsi:

Dp = Ukuran partikel = 20 *mesh*
= 0,050 in = 1270 μm G = rate massa udara
= 1,5 kg/m².s = 1106 lb/(h.ft²)S = *slope drum* = 2 cm/m = 0,02 ft/ftKecepatan *peripheral* = 0,25 – 0,5 m/sekonAsumsi = 15 m/menit (*Perry 7ed., p.12-56*)

$$\text{Kecepatan putar (N)} = \frac{15}{6} = 2,31 \text{ rpm}$$

$$\begin{aligned} B &= 5(1270)^{-0.5} \\ &= 0,1403 \end{aligned}$$

Feed bahan kering = 68447,83 lb/jam

Area dryer = 33,0 m² = 354,8 ft²

$$\begin{aligned} \text{Cross section area dryer} &= 15\% \times \text{Area dryer} \\ &= 15\% \times 354,8 \\ &= 53,23 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Feed bahan kering}}{\text{Cross section area dryer}} = \frac{68447,83}{53,23} \\ &= 1285,88 \text{ lb/h.ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{0.23 L}{\text{SN}^{0.9} D} \pm 0,6 \frac{\text{BLG}}{F} \\ &= \frac{0,2 \times 174,88}{0,02 \times 2,13 \times 21,26} + 0,6 \frac{0,1 \times 174,88 \times 1106,01}{1285,877} \\ &= 57,11 \text{ menit} \end{aligned}$$

Perhitungan sudut :

S = slope drum = 2 cm/m

Panjang = 53,3 m

Slope actual = 2 cm/m x 53,3 m
= 107 cm = 1,066 m

tg α = 1,066

sudut rotary, α = 45 °

Perhitungan flight :**Perhitungan berdasarkan perry edisi 7 ;12-56**

ketentuan:

$$\text{Tinggi flight} = 1/12 D - 1/8 D$$

$$\text{Panjang flight} = 0,6 \text{ m}-2\text{m}$$

$$\text{jumlah flight 1 circle} = 0,6D-D$$

asumsi:

$$\text{Tinggi flight} = 0,25D$$

$$\text{Panjang flight} = 7\text{m}$$

$$\text{jumlah flight 1 circle} = 1D$$

$$\text{Diameter drum, } D = 6,48 \text{ m}$$

$$\text{panjang, } L = 53,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi flight} = 0,25 D = 0,25 \times 6,48 = 1,620 \text{ m}$$

$$\text{jumlah flight 1 circle} = 1D = 1 \times 6,48 = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Total circle} = \text{panjang Rotary dryer / panjang flight}$$

$$= 53,3 \text{ m} / 7\text{m}$$

$$= 7,6 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

$$\text{Total flight} = \text{total circle} \times \text{jumlah flight tiap 1 circle}$$

$$= 8 \times 6 \text{ buah}$$

$$= 48 \text{ buah}$$

Perhitungan tebal shell

Bahan untuk shell dari carbon steel SA 283 grade C

dengan allowable stress = 12650 psi

Dipakai double welded butt joint : 80% ; C = 0,125

$$D = 6,48 \text{ m} = 21,26 \text{ ft}$$

$$H = 53,3 \text{ m} = 174,9 \text{ ft}$$

Digunakan tekanan operasi = 14,7 psi

$$\text{Tekanan Desain tangki} = 1,2 \times 14,7 \text{ psi}$$

$$= 17,6 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P \times D}{2 \cdot f \cdot e \cdot P} + C \\
 &= \frac{17,6 \times 21,26 \times 12}{2 \times 12650 \times 0,8 - 17,6} \\
 &= \frac{4500,69}{20222,36} + 0,125 \\
 &= 0,3476 \text{ psi ; dipilih plate dengan ketebalan } \frac{6}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menghitung isolasi

isolasi yang dipakai adalah = batu setebal 4

Diameter dalam rotary = 21,26 ft

Diameter luar rotary (ft) = $D_i + 2t_s$

= 21 ft

Diameter rotary terisolasi (ft) = $D_o + 2 \times \text{batu isolasi}$

= 22

Perhitungan berat total:

a. Berat *shell*

$$W_e = \frac{\pi}{4} \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

Keterangan:

W_e = Berat *shell*

D_o = diameter luar *shell*

D_i = diameter dalam *shell*

L = panjang *drum* = 53,3 m = 174,9 ft

ρ = *density steel* 494,2 lb/ft³

$$\begin{aligned}
 W_e &= \frac{\pi}{4} \times (21^2 - 21,26^2) \times 174,9 \times 494,2 \\
 &= 90223,17 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

b. Berat isolasi

$$W_e = \frac{\pi}{4} \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

Keterangan:

We = Berat isolasi

Do = diameter luar isolasi

Di = diameter dalam isolasi

L = panjang *drum* = 53,3 m = 174,9 ft ρ = *density steel* 19 lb/ft³

$$\begin{aligned} W_e &= \frac{\pi}{4} \times (22^2 - 21^2) \times 174,9 \times 19 \\ &= 75212,93 \text{ lb} \end{aligned}$$

c. Berat bahan

Rate massa = 68447,83 lb/jam

$$\begin{aligned} \text{d. Berat total} &= 90223 + 75212,93 + 68447,83 \\ &= 233884 \text{ lb} \end{aligned}$$

Perhitungan daya motor:

$$P = \frac{N \times (4,75dw + 0,1925DW + 0,33W)}{100000}$$

Keterangan:

P = Daya motor

N = putaran rotary = 2,31 rpm

d = diameter shell = 21,26 ft

w = berat bahan = 68447,83 lb/jam

D = d+2 = 23 ft

W = berat total = 233884 lb

maka P = 185,72 hp

efisiensi motor = 90%

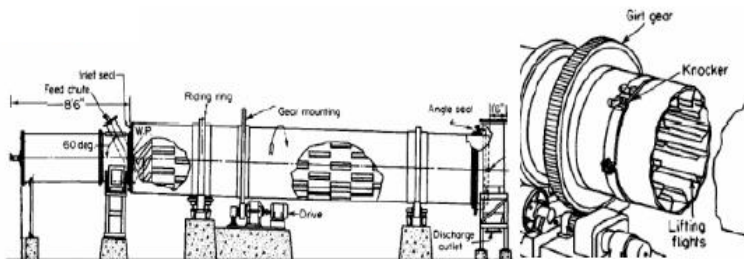
$$\begin{aligned} \text{hingga } P &= \frac{185,72}{90\%} \\ &= 206,35 \text{ hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi *Rotary Dryer*

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Tipe | : <i>Rotary Drum</i> |
| Kapasitas | : 31.047,731 kg/jam |
| Diameter | : 6 m |
| Panjang | : 53 m |
| Tebal <i>Shell</i> | : 0,35 in |
| Kecepatan Putar | : 2,31 rpm |
| Sudut <i>Rotary</i> | : 45° |
| <i>Time of passes</i> | : 57,11 menit |
| Jumlah <i>flight</i> | : 48 buah |
| <i>Power</i> | : 206, 35 hp |
| Jumlah | : 1 buah |

14 . *ROTARY COOLER (B-310)*

Fungsi: Untuk menurunkan suhu granule NPK dengan udara dingin secara *kontinyu* dengan aliran *co-current*.



Kondisi Operasi:

| | | |
|---------------------------------|---------|-----------|
| T udara masuk, TG ₂ | = 27 °C | = 80,6 °F |
| T udara keluar, TG ₁ | = 60 °C | = 140 °F |
| T feed masuk, TS ₁ | = 90 °C | = 194 °F |
| T feed keluar, TS ₂ | = 55 °C | = 131 °F |

| Hot Fluid °F | | Cold Fluid °F | Differences °F | |
|-----------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| 194 | Higher Temp. | 131 | 63 | Δt_2 |
| 140 | Lower Temp. | 80,6 | 59,4 | Δt_1 |
| 54 | Differences | 50,4 | 3,6 | $(\Delta t_2 - \Delta t_1)$ |

Log Mean Temperature Difference (LMTD) :

$$LMTD = \frac{(\Delta t_2 - \Delta t_1)}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{3,6}{\ln \frac{63}{59}} = 61,2 \text{ } ^\circ\text{F} = 289,3 \text{ K}$$

Menghitung Area Cooler :

$$\begin{aligned} \text{Laju bahan masuk} &= 20758,25 \text{ kg/jam} \\ &= 45763,66 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Massa udara yang digunakan} = 29738,83 \text{ kg/jam}$$

G adalah *mass air velocity* (0.5 – 5 kg/m².det)

(Ulrich, Table 4-10)

$$\begin{aligned} G &= 0,5 \text{ kg/m}^2.\text{detik} \\ &= 1800 \text{ kg/m}^2.\text{jam} \\ &= 368,34 \text{ lb/ft}^2.\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area of Cooler} &= \frac{\text{massa udara}}{G} \\ &= \frac{29738,83}{1800} \\ &= 16,52 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Area of Cooler} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$16,52 \text{ m}^2 = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 5 \text{ m} = 15,051 \text{ ft}$$

Perhitungan koefisien *volumetrik heat transfer*

$$U_a = \frac{240 \times G^{0,67}}{D} \quad (\text{Ulrich, T 4-10})$$

Keterangan :

U_a = koefisien *volumetrik heat transfer*, (J/m³.s.K)

G = *gas mass velocity* (kg/m².s)

D = *diameter cooler* (m)

$$U_a = \frac{240 \times 0,629}{5} = 32,88 \text{ J/m}^3 \cdot \text{s.K}$$

Perhitungan panjang :

$$Q = U_a \times V \times \Delta T \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-51})$$

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times L}{4} \quad (\text{volume silinder})$$

Keterangan :

Q = Panas Total, J/s

U_a = koefisien *volumetrik heat transfer*, (J/m³.s.K)

V = volume drum (m³)

ΔT = LMTD (K)

D = *diameter cooler* (m)

L = panjang (m)

Q = 461153,12 kkal/jam

= 5359624,08 J/s

U_a = 32,88 (J/m³.s.K)

ΔT = 289,362

$$Q = U_a \times \frac{\pi \times D^2 \times L \times \Delta T}{4}$$

$$5359624,08 = 32,88 \times 16,522 \text{ L} \times 289,36$$

$$5359624,08 = 157189,60 \text{ L}$$

$$\text{L} = 34,09 \text{ m} = 111,87 \text{ ft}$$

Perbandingan :

$$\frac{\text{L}}{\text{D}} = 4 - 10 \quad (\text{Perry edisi 7, hal 12-54})$$

$$\frac{\text{L}}{\text{D}} = \frac{34,09}{4,588} = 7$$

Perhitungan *time of passes* (θ) :

$$\theta = \frac{0.23 \text{ L}}{\text{SN}^{0.9} \text{ D}} \pm 0,6 \frac{\text{BLG}}{\text{F}} \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-55})$$

$$\text{B} = 5(\text{Dp})^{-0.5} \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-56})$$

Keterangan:

| | | | |
|----------|---|----------------------------|--|
| θ | = | <i>time of passes</i> | (menit) |
| L | = | panjang | (ft) |
| S | = | <i>slope drum</i> | (ft/ft) |
| N | = | <i>speed</i> | (rpm) |
| D | = | Diameter drum | (ft) |
| B | = | konstanta material | |
| G | = | rate massa udara | (lb/(h.ft ²)) |
| F | = | <i>feed rate to cooler</i> | (lb dry material/(h.ft ²)) |
| Dp | = | ukuran partikel | (μm) |

ketentuan :

$$\text{S} = \text{slope drum} = 0.8 \text{ cm/m} \quad (\text{perry edisi 7, hal 12-56})$$

$$G = \text{rate massa udara} \\ = \text{maksimum } 5 \text{ kg/m}^2.\text{s} \text{ (perry edisi 7, hal 12-55)}$$

Asumsi:

$$D_p = \text{Ukuran partikel} = 20 \text{ mesh} \\ = 0,050 \text{ in} = 1270 \mu\text{m}$$

$$G = \text{rate massa udara} \\ = 0,5 \text{ kg/m}^2.\text{s} = 368,67 \text{ lb/(h.ft}^2\text{)}$$

$$S = \text{slope drum} = 2 \text{ cm/m} = 0,02 \text{ ft/ft}$$

$$\text{Kecepatan peripheral} = 0,25 - 0,5 \text{ m/sekon} \\ \text{Asumsi} = 15 \text{ m/menit (Perry 7ed., p.12-56)}$$

$$\text{Kecepatan putar (N)} = \frac{15}{6} = 3,27 \text{ rpm}$$

$$B = 5(1270)^{-0.5} \\ = 0,1403$$

$$\text{Feed bahan kering} = 45763,66 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Area cooler} = 16,52 \text{ m}^2 = 177,84 \text{ ft}^2$$

$$\text{Cross section area cooler} = 15\% \times \text{Area dryer} \\ = 15\% \times 177,84 \\ = 26,68 \text{ ft}^2$$

$$F = \frac{\text{Feed bahan kering}}{\text{Cross section area cooler}} = \frac{45763,66}{26,68} \\ = 1715,568 \text{ lb/h.ft}^2$$

$$\theta = \frac{0,23 L}{SN^{0,9} D} \pm 0,6 \frac{BLG}{F} \\ = \frac{0,2 \times 111,87}{0,02 \times 2,90 \times 15,05} + 0,6 \frac{0,1 \times 111,87 \times 368,67}{1715,568} \\ = 57,11 \text{ menit}$$

Perhitungan sudut :

S = slope drum = 2 cm/m

Panjang = 34,10 m

Slope actual = 2 cm/m x 34,10 m
= 68 cm = 0,682 m

$\tan \alpha$ = 0,682

sudut rotary, α = 35 °

Perhitungan flight :**Perhitungan berdasarkan perry edisi 7 ;12-56**

ketentuan:

Tinggi *flight* = $1/12 D - 1/8 D$

Panjang *flight* = 0,6 m-2m

jumlah *flight* 1 *circle* = $0,6D-D$

asumsi:

Tinggi *flight* = 0,25D

Panjang *flight* = 5m

jumlah *flight* 1 *circle* = 1D

Diameter drum, D = 4,59 m

panjang, L = 34,097 m

Tinggi *flight* = $0,25 D = 0,25 \times 4,59 = 1,146$ m

jumlah *flight* 1 *circle* = $1D = 1 \times 4,59 = 5$ buah

Total *circle* = panjang *Rotary dryer* / panjang *flight*

= $34,097 \text{ m} / 5 \text{ m}$

= 6,8 buah \approx 7 buah

Total *flight* = total *circle* x jumlah *flight* tiap 1 *circle*

= 7×5 buah

= 35 buah

Perhitungan tebal shell

Bahan untuk *shell* dari *carbon steel* SA 283 grade C

dengan *allowable stress* = 12650 psi

Dipakai *double welded butt joint* : 80% ; C = 0,125

D = 4,59 m = 15,051 ft

H = 34,097 m = 111,9 ft

Digunakan tekanan operasi = 14,7 psi

Tekanan Desain tangki = 1,2 x 14,7 psi
= 17,6 psi

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P \times D}{2 \cdot f \cdot e \cdot P} + C \\
 &= \frac{17,6 \times 15,051 \times 12}{2 \times 12650 \times 0,8} - 17,6 \\
 &= \frac{3186,073}{20222,36} + 0,125 \\
 &= 0,2826 \text{ psi ; dipilih plate dengan ketebalan } \frac{6}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menghitung isolasi

isolasi yang dipakai adalah = batu setebal 4

Diameter dalam *rotary* = 15,05 ft

Diameter luar *rotary* (ft) = $D_i + 2t_s$
= 15 ft

Diameter *rotary* terisolasi (ft) = $D_o + 2 \times \text{batu isolasi}$
= 16

Perhitungan berat total:

a. Berat *shell*

$$W_e = \frac{\pi}{4} \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

Keterangan:

W_e = Berat *shell*

D_o = diameter luar *shell*

D_i = diameter dalam *shell*

L = panjang *drum* = 34,1 m = 111,87 ft

$$\rho = \text{density steel } 494,2 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} W_e &= \frac{\pi}{4} \times (15^2 - 15,05^2) \times 111,87 \times 494,2 \\ &= 40867,04 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Berat isolasi

$$W_e = \frac{\pi}{4} \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

Keterangan:

W_e = Berat isolasi

D_o = diameter luar isolasi

D_i = diameter dalam isolasi

L = panjang *drum* = 34,1 m = 111,87 ft

ρ = *density steel* 19 lb/ft³

$$\begin{aligned} W_e &= \frac{\pi}{4} \times (16^2 - 15^2) \times 111,87 \times 19 \\ &= 34294,66 \text{ lb} \end{aligned}$$

c. Berat bahan

$$\text{Rate massa} = 45763,66 \text{ lb/jam}$$

d. Berat total = 40867,04 + 34294,66 + 45763,66
= 120925 lb

Perhitungan daya motor:

$$P = \frac{N \times (4,75dw + 0,1925DW + 0,33W)}{100000}$$

Keterangan:

P = Daya motor

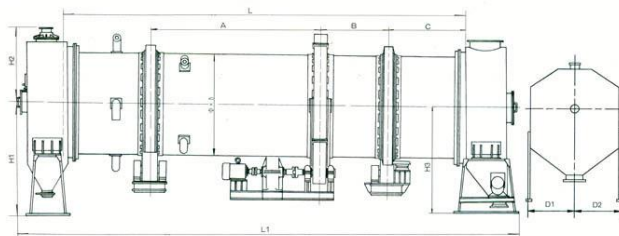
N = putaran *rotary* = 3,27 rpm

d = diameter *shell* = 15,05 ft
 w = berat bahan = 45763,66 lb/jam
 D = $d+2$ = 17 ft
 W = berat total = 120925 lb
 maka $P = 121,09$ hp
 efisiensi motor = 90%
 hingga $P = \frac{121,09}{90\%}$
 $= 134,55$ hp

Spesifikasi *Rotary Cooler*

Tipe : *Rotary Drum*
 Kapasitas : 20758,258 kg/jam
 Diameter : 5 m
 Panjang : 34 m
 Tebal *Shell* : 0,28 in
 Kecepatan Putar: 3,27 rpm
 Sudut *Rotary* : 35°
Time of passes : 31,45 menit
 Jumlah *flight* : 35 buah
Power : 134,55 hp
 Jumlah : 1 buah

15. Granulator (S-210)



Fungsi : Mengubah ukuran dan bentuk pupuk NPK menjadi butiran granul

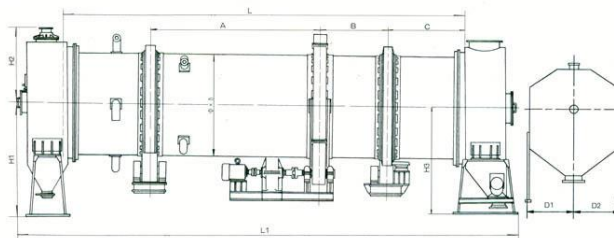
Tipe : *Rotary Drum*
 Bahan : *Carbon Steel SA-283 C*
 Laju Alir Massa Masuk = 748.057,90 kg/hari
 = 748,058 ton/hari

Kapasitas = 110 % x 748,058 ton/hari
 = 822,864 ton/hari
 = 34,286 ton/jam

Berdasarkan laju massa ton/jam, dari Tabel 20-43 *Perry Chemical Engineering page 20-75*

Kapasitas : 40 ton/jam
 Diameter : 8 ft
 Panjang : 16 ft
 Power : 75 hp
 Kecepatan Putar: 20 -14 rpm
 Jumlah : 1 buah

16. *Coater Drum (X-320)*



Fungsi : Melapisi produk NPK dengan *coating oil* dan *coating powder* agar tidak terjadi *caking*.

Tipe : *Rotary Drum*

Kapasitas : 20,833 ton/jam

Bahan : *Carbon Steel SA-283 C*

Berdasarkan laju massa ton/jam, dari Tabel 20-43 *Perry Chemical Engineering* page 20-75

Kapasitas : 25 ton/jam

Diameter : 8 ft

Panjang : 14 ft

Power : 60 hp

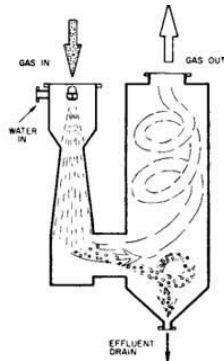
Kecepatan Putar: 20 -14 rpm

Jumlah : 1 buah

17. Scrubber (D-314)

Fungsi : Memisahkan antara padatan terikut dari gas keluaran *rotary dryer* (B-220) dan *rotary cooler* (B-310)

Jenis : *Venturi Scrubber*



Menghitung densitas padatan

| Komponen | Massa (kg) | xi | ρ (kg/m ³) | $\rho \cdot x_i$ |
|--|------------|-------|--------------------------------|------------------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 54,426 | 0,323 | 985,31 | 318,75 |
| (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 57,310 | 0,340 | 950,55 | 323,809 |
| CO(NH ₂) ₂ | 10,038 | 0,059 | 770,85 | 45,993 |
| KCl | 43,938 | 0,261 | 991,66 | 258,990 |

| | | | | |
|------------------|--------------|--------------------|--------|---------|
| H ₂ O | 2,524 | 0,015 | 995,68 | 14,9352 |
| total | 168,235 | 1 | | 962,487 |
| ρ padatan | = 962,49 | kg/m ³ | | |
| | = 60,0861709 | lb/ft ³ | | |

Menghitung densitas gas

| Komponen | Massa (kg) | xi | ρ (kg/m ³) | $\rho \cdot xi$ |
|-----------------|-------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|
| Dry air | 2259744,566 | 1 | 1,16 | 1,16 |
| total | 2259744,566 | 1 | | 1,16 |
| ρ camp gas | = 1,16 | kg/m ³ | | |
| | = 0,072 | lb/ft ³ | | |

Air yang dipakai *scrubber*

$$\begin{aligned}
 L &= 0,0631 \quad \text{m}^3/\text{jam} && (\text{dari neraca massa}) \\
 &= 0,0006 \quad \text{ft}^3/\text{s} \\
 &= 0,2777 \quad \text{gal}/\text{menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G &= 2261427 \quad \text{kg}/\text{hari} \\
 &= 94226,12 \quad \text{kg}/\text{jam} \\
 &= 94226,12 / 962,49 \\
 &= 97,89 \quad \text{m}^3/\text{jam} \\
 &= 57,62 \quad \text{ft}^3/\text{menit} \\
 &= 0,96 \quad \text{ft}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Rasio liquid/gas

$$\begin{aligned}
 (R) &= \frac{0,2777 \quad \text{gal}/\text{menit}}{57,621 \quad \text{ft}^3/\text{menit}} \\
 &= 0,0048 \quad \text{gpm}/\text{acfm}
 \end{aligned}$$

Data Operasi dan Desain

$$\begin{aligned}
 \text{Laju alir volumetrik gas} &= 97,89 \quad \text{m}^3/\text{jam} \\
 \text{Average particle size, dp} &= 1,8 \text{ in} = 0,145 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Johnstone scrubber coefficient, $k = 0,1$

Required collection efficiency, $E = 100\%$

Cunningham correction factor, $C = 1$

Viskositas gas, $\mu = 0,015 \text{ cP}$

Mencari parameter impaksi inersial, Ψ

$$E = 1 - e^{-kR\Psi^{1/2}}$$

$$\Psi = 195,2$$

Mencari diameter droplet

$$d_o = (16400/v) + 1,45R^{1,5}$$

$$\Psi = \frac{C \times \rho_p \times v \times d_p^2}{9 \times d_o \times \mu}$$

$$v = 128,0629 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas throat} &= \frac{G}{v} \\ &= \frac{0,96034878}{128,0629} \frac{\text{ft}^3/\text{detik}}{\text{ft/s}} \\ &= 0,00749904 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

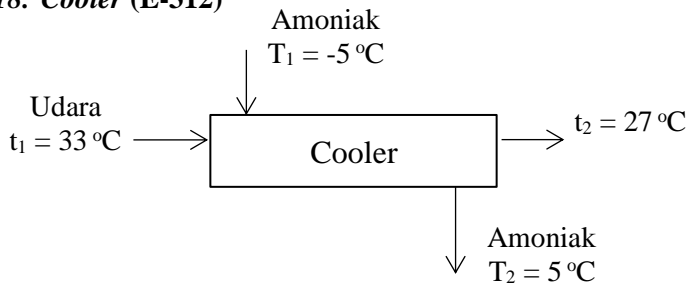
$$\begin{aligned} d_o &= (16400/v) + 1,45R^{1,5} \\ &= \frac{16400}{128,06} + (1,45 \times 0,005^{1,5}) \\ &= 128,06 \text{ } \mu\text{m} \end{aligned}$$

Spesifikasi *Scrubber* (D-314)

Tipe : *Venturi scrubber*

Kapasitas : 0,9603 ft³/detik
 Luas throat : 0,00749 ft²
 Diameter *droplet*: 128,06 μ m
 Bahan : *Cast iron*
 Jumlah : 1 buah

18. Cooler (E-312)



Fungsi : Mendinginkan suhu udara sebelum masuk *Rotary cooler*
 Tipe : *Shell and Tube Heat Exchanger*
 Bahan : SA 212 Grade A
 Jumlah : 1 buah

Sheel side

ID = 12 in

Baffle Space = 4 in

Passes = 1 passes

Tube Side

Number Length = 68

OD, BWG, pitch = $\frac{3}{4}$

in, 16 BWG, I in *square*

Passes = 6 (Tabel 9, kern)

Pressure Drop yang di ijin kan = 10 psi

Total dirt factor = 0,002

1) Heat transfer

| | | | |
|-----------|---|----------|-----------|
| Q | = | 1370365 | kkal/hari |
| | = | 57098,56 | kkal/jam |
| | = | 226585,4 | btu/jam |
| W udara | = | 713732 | kg/hari |
| | = | 29738,83 | kg/jam |
| | = | 65562,83 | lb/jam |
| W amoniak | = | 93434,01 | kg/hari |
| | = | 3893,084 | kg/jam |
| | = | 8582,77 | lb/jam |

1. Menghitung LMTD

| Hot Fluid | | Cold Fluid | Differences | |
|------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| 91,4 | <i>Higher Temp</i> | 41 | 50,4 | Δt_2 |
| 80,6 | <i>Lower Temp</i> | 23 | 57,6 | Δt_1 |
| 10,8 | <i>Differences</i> | 18 | -7,2 | $\Delta t_2 - \Delta t_1$ |

$T_1 - T_2$

$t_1 - t_2$

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2,3 \log \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \\
 &= \frac{50,4 - (-7,2)}{2,3 \log \frac{50,4}{-7,2}} \\
 &= 53,98 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \\
 &= \frac{10,8}{18} \\
 &= 3,571 \\
 S &= \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2} \\
 &= \frac{18}{91 - 23} \\
 &= 0,263 \\
 F_T &= 0,9 \quad (\text{Fig.18, Kern})
 \end{aligned}$$

$$\Delta t = 0,9 \times 53,98 = 49^\circ\text{F}$$

T_c dan t_c

T_c dan t_c dapat menggunakan T_a dan t_a of 86°F dan 32°F

| <i>Hot Fluid : shell side, air</i> | | <i>Cold Fluid : ammoniak (l)</i> | |
|------------------------------------|--|----------------------------------|--|
| a _s | = $\frac{ID \times C' B}{144 P_T}$ | a't | = 0,302 (tab.10) |
| | = $\frac{12 \times 0,25 \times 4}{144 \times 1}$ | a't | = $\frac{N_t \times a't}{144 \times n}$ |
| | = 0,0833 ft ³ | | = $\frac{68 \times 0,0302}{144 \times 6}$ |
| G _s | = $\frac{29738,834}{0,083 \times 0,4536}$ | Gt | = $\frac{3893,084}{0,0238 \times 0,4536}$ |
| | = $\frac{786741,65 \text{ lb}}{\text{hr.ft}^2}$ | | = $\frac{361092,6 \text{ lb}}{\text{hr.ft}^2}$ |
| Pada saat, T _a = 86°F | | Pada saat, t _a = 32°F | |
| μ | = 0,018x 2,42 | μ | = $\frac{0,44 \text{ lb}}{\text{ft.hr}}$ |
| | = $\frac{0,04 \text{ lb}}{\text{ft.hr}}$ | | |
| | (Fig.15) | | (fig.14) |

| | |
|---|--|
| De = $\frac{1}{12}$ = 0,1 ft (Fig.28) | D = $\frac{0,62}{12}$ = 0,05 ft (Tab.10) |
| Res = $\frac{0,1 \times 786741,65}{0,04}$ = 1429837,33 | Ret hanya untuk <i>pressure drop</i> Ret = $\frac{D \cdot G_t}{\mu}$ = $\frac{0,05 \times 361092,6}{0,0363}$ = 51395,182 |
| j _H = 750 (Fig.28) Pada saat, t _a = 86°F c = 0,25 Btu/lb.°F (Fig.3) k = $\frac{0,016 \text{ Btu.ft}}{\text{Hr.ft}^2 \cdot \text{°F}}$ | From Fig.24 (<i>tube side data</i>) j _H = 110 Pada saat T _a = 32°F c = $\frac{1,9 \text{ Btu}}{\text{lb.°F}}$ (Tabel 4 Kern) k = $\frac{0,29 \text{ Btu.ft}}{\text{Hr.ft}^2 \cdot \text{°F}}$ |
| c.μ/k ^{1/3} = 0,880 | c.μ/k ^{1/3} = 1,323 |
| h _o = $\frac{j_H \cdot k \cdot (c \cdot \mu)^{1/3} \times \phi_s}{De}$ | h _{io} = $\frac{j_H \cdot k \cdot (c \cdot \mu)^{1/3} \times \phi_s}{D}$ |
| h _o = $\frac{750 \times 0,016 \times 0,88}{0,079}$ | h _{io} = $\frac{110 \times 0,29 \times 1,323}{0,05}$ |
| φ _s = $\frac{h_o}{133,3 \text{ Btu}} \times \text{hr.ft}^2 \cdot \text{°F}$ | φ _s = $\frac{h_{io}}{816,85 \text{ Btu}} \times \text{hr.ft}^2 \cdot \text{°F}$ |
| <i>Tube wall temperature</i> t _w = $\frac{t_a + h_o / \phi_s (T_a - t_a)}{h_{io} / \phi_t + h_o / \phi_t}$ | Pada t _w = 93,578°F |
| Pada t _w = 93,578°F μ = $\frac{0,0436 \text{ lb}}{\text{ft.hr}}$ | μ = $\frac{0,242 \text{ lb}}{\text{ft.hr}}$ |
| φ _s = $\frac{(\mu)^{0,14}}{(\mu_w)}$ = 1,00 | φ _s = $\frac{(\mu)^{0,14}}{(\mu_w)}$ = 1,058 |
| <i>Corrected coefficient</i> h _o = $\frac{h_o \times \phi_s}{\phi_s}$ | <i>Corrected coefficient</i> h _o = $\frac{h_o \times \phi_s}{\phi_s}$ |

| | |
|---|--|
| $= \frac{133,33 \times 1}{133,33 \text{ Btu}} = \frac{816,85 \times 1 \times 1,058}{864,56 \text{ Btu}}$ $\text{hr.ft}^2.\text{°F} \quad \text{Hr.ft}^2.\text{°F}$ | |
| <p><i>Clean overall coefficient Uc</i></p> $Uc = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$ $= \frac{864,56 \times 133,33}{864,56 + 133,33}$ $= 115,519 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$ | |
| <p><i>Design overall coefficient Ud</i></p> $a'' = 0,1963 \frac{\text{ft}^2}{\text{Lin.ft}}$ | |
| <p><i>Total surface, A = 116 x 16'0" x 0,1963 = 213,6 ft²</i></p> | |
| $Ud = \frac{Q}{A \cdot \Delta t} = 21,837$ | |
| <p><i>Dirt Factor Rd</i></p> | |
| $Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud}$ $= \frac{115,519 - 21,84}{115,519 \times 21,84}$ $= 0,0371$ | |

| <i>Pressure Drop</i> | |
|---|---|
| <p>Untuk Res = 1429837,33</p> $f = 0,0009 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \quad (\text{Fig.29})$ | <p>Untuk Ret = 51395,182</p> $f = 0,00019 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \quad (\text{Fig.26})$ |
| <p>No.of crosses, N+1</p> $= 12.L/B$ $= 12 \times 16$ | <p>s = 1</p> $\Delta Pt = 1,08 \text{ Psi}$ $Gt = 361092,6$ |

| | | | |
|--|---|---------------------------------------|----------|
| $\frac{V^2}{2g'}$ | = | 0,02 | |
| ΔPr | = | $\frac{4 n \times v^2}{S \times 2g'}$ | (Fig.27) |
| | = | $\frac{4 \times 6 \times 0,0004}{1}$ | |
| | = | 0,0 | Psi |
| ΔPT | = | $\Delta Pt + \Delta Pr$ | |
| | = | 1,1+0,012 | |
| | = | 1,1 | Psi |
| <i>Allowable ΔPT = 10 Psi</i> | | | |

| <i>Summary</i> | | |
|------------------------------------|------------------|--------|
| 864,556 | <i>h outside</i> | 133,33 |
| Uc | 115,519 | |
| Ud | 21,837 | |
| <i>Rd calculated 0,0371</i> | | |
| <i>Rd calculated 0,002</i> | | |

RIWAYAT PENULIS



Verycha Finish Wiya Tania, penulis dilahirkan di Magetan pada tanggal 21 September 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Dharma Wanita Majasem pada tahun 2002, lulus dari SD Negeri 1 Majasem pada tahun 2008, lulus dari SMP Negeri 1 Ngawi pada tahun 2011 dan lulus dari SMA Negeri 1 Magetan pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS dengan Nomor Registrasi 2314 030 015. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Human Resource Development UKM TDC-ITS (2015-2016), Bendahara UKM TDC-ITS (2016-2017), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Mitsubishi Chemical Indonesia.

Email : verycha.finish@yahoo.co.id

RIWAYAT PENULIS



Arie Amira Machdalia, penulis dilahirkan di Blora pada tanggal 22 Desember 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Al Manar Surabaya pada tahun 2002, lulus dari SD Negeri Kalisari I 242 Surabaya pada tahun 2008, lulus dari SMP Negeri 6 Surabaya pada tahun 2011 dan lulus dari SMA Negeri 2 Surabaya pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III

Teknik Kimia Industri ITS dengan Nomor Registrasi 2314 030 023. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia Industri –ITS (2015-2016), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik

Email : arieamachda@gmail.com